Unidad 1

Introducción a las redes inalámbricas

Una visión

Autores: Alberto Escudero Pascual / IT +46

Traducido por Asociación Civil Nodo TAU

Objetivo



¿Qué hacemos nosotros aquí en un taller de comunicaciones inalámbricas?

O de otra forma...



¿Por qué no hemos hecho este taller antes?

Un viaje de 25 años



1980 - 2005

1980 -



Erase una vez...



- Acceso a la tecnología: Militar/Investigación
- Estándares: Los protocolos de comunicación eran secretos
- Regulación: Un operador por país
- Código: Propietario

Erase una vez...



Acceso a la tecnología

- Computadoras = Calculadoras
- Computadoras = Ordenador
- Computadoras = Armas
- Matematicas, Contabilidad, Militar

Investigación, $, Defensa

Erase una vez...



Estándares

- ¿Para qué?
- Mantener las cosas secretas = seguridad
- Mi solución es la mejor, y no te quiero hablar

Erase una vez...



Regulaciones

- No esta permitido!
- Seguridad nacional! Monopolio del acceso a la tecnología
- Ley vs Ciclos tecnológicos

Erase una vez...



Código

- Mantener el código en secreto
- Licenciar el código
- Mantener secreto el conocimiento, mantener el status!

1980-1990



La era del “PC”

- Posibilidad de cambiar partes físicas
- Posibilidad de intercambiar datos
- Posibilidad de compartir datos
- Cintas (Audio), Líneas telefónicas (Mo-Dem), FIDO/BBS

1980-1990



Acceso a la tecnología++

- Los primeros estándares de comunicaciones (Cerrados pero estándares...)
- Primeras regulaciones orientadas a ”datos”
- El código es M$, IBM, etc.

1990-2000



Aparece algo llamado Internet



Federal Networking Council (DoD, NASA et al), *Internet Monthly Reports, October 1995, the Internet is:*

is logically linked together by a globally unique address space based on the Internet Protocol (IP) or its subsequent extensions/follow-ons;

CONECTADOS LÓGICAMENTE POR UNA DIRECCIÓN UNICA

is able to support communications using the Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) suite or its subsequent extensions/follow-ons, and/or other IP-compatible protocols;

SOPORTAN LA COMUNICACIÓN USANDO TCP/IP

Aparece algo llamado Internet



Federal Networking Council (DoD, NASA et al), Internet Monthly Reports, October 1995, the Internet is:

*provides, uses or **makes accessible, either publicly or privately, high level services** layered on the communications and related infrastructure described herein.*

PONE A DISPOSICIÓN TANTO SERVICIOS PÚBLICOS COMO PRIVADOS

Pero además



The Internet is a group of interconnected networks which has evolved more-or-less independently of any social, political, or governmental control.

UN GRUPO DE REDES SIN UN CONTROL TRADICIONAL

The Internet is a network of networks - billions of computers, all connected together. The Internet is the internet of networks.

LA RED DE REDES

… Desde el punto de vista humano

Humanities and Arts: Sharing Center Stage on the Internet, IETF RFC2150, 1997

People, computers and information electronically linked around the world by a common Protocol for communicating with each other.

PERSONAS, COMPUTADORAS E INFORMACIÓN CONECTADAS

... El huevo y la gallina



- Es la Internet el resultado de su diseño

  o es el diseño lo que ha permitido que la Internet sea como es

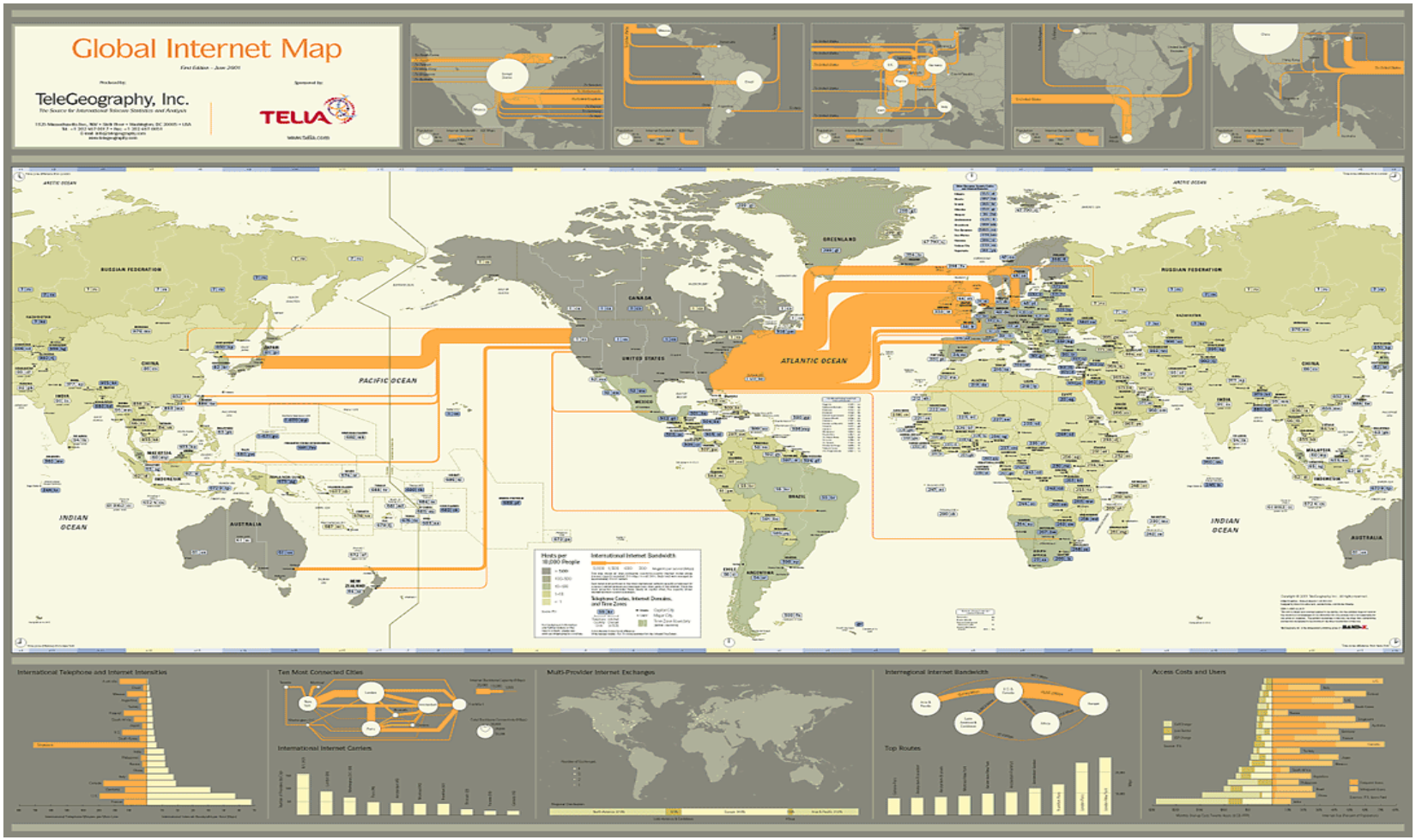
Abierto = Conectar = Información

¿Qué se necesita?

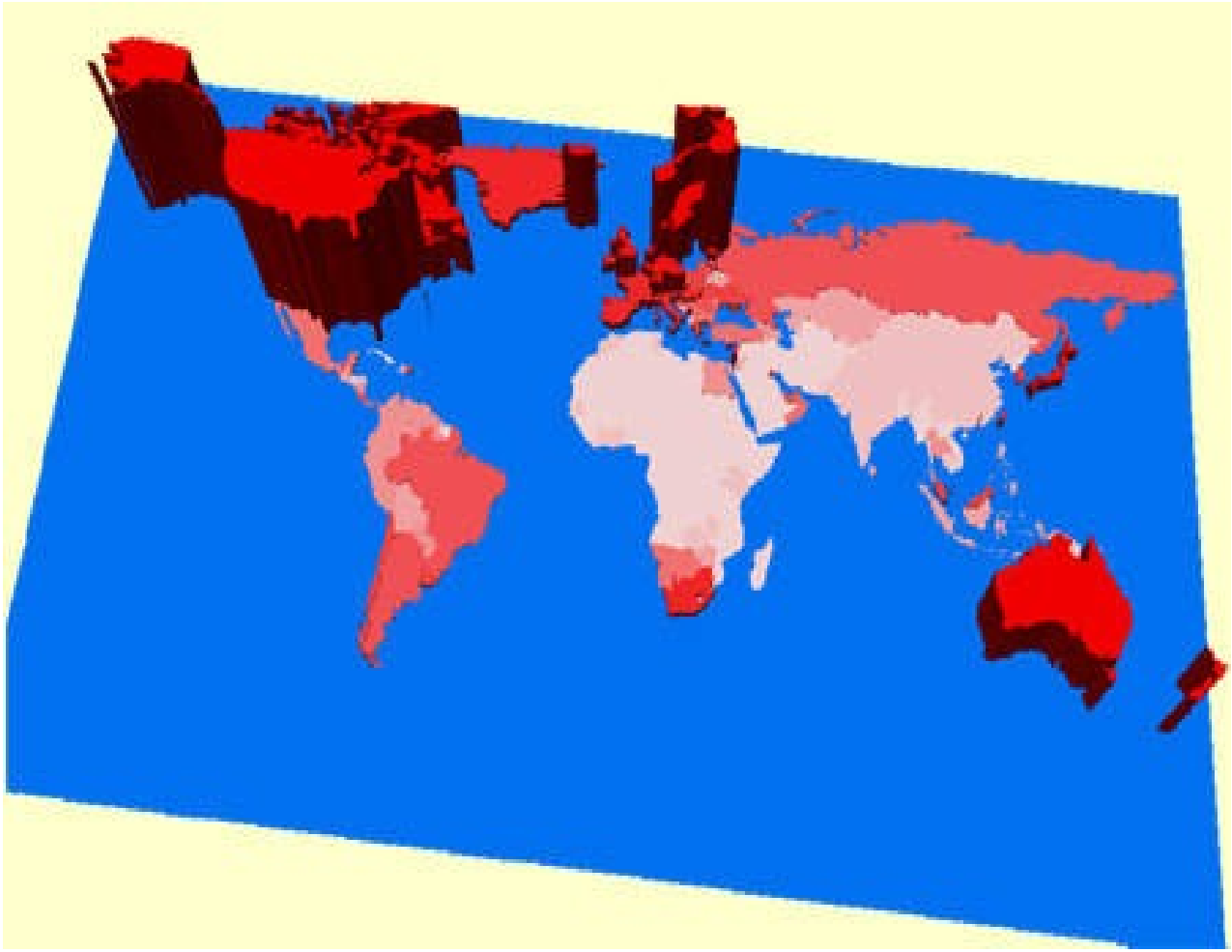


- Acceso al Medio
- Un protocolo de comunicaciones TCP/IP
- Aplicaciones

El mundo de los conectados...



Los mapas de la Internet



Es tiempo de Internet...



- Acceso: Tenemos más tecnología y más capacidad de procesamiento
- Regulación: Un entorno de más de un operador por país
- Código: Mucho código y libre

2000 -



El contexto de las cosas...

- .com
- GSM/CDMA 2G boom!
- Broadband (DSL)
- Cambios en el marco regulatorio

2000 -



- El mundo de las telecomunicaciones...
  - 3G (UMTS)
  - Bluetooth (ISM band)
- El mundo de Internet
  - IEEE 802.11b (oficina)

2000 -



- Un ordenador personal con una tarjeta PCMCIA inalámbrica
- Un marco regulatorio (ISM)
- Compatibilidad (WiFi)
- Código Abierto (Linux, WRT)

Oportunidad en la banda basura...



- El Acceso a la tecnología
- Compatibilidad entre productos
- Acceso al código y al conocimiento
- Posibilidad legal

Ejemplos

[FOTOS DEL LUGAR DEL TALLER, INSTALACIONES EN LA ZONA, HABLAR DE COSTOS POR PRIMERA VEZ]

Conclusión



- El (WLAN, WiFi, IEEE 802.11) es el equivalente de la revolución del PC en el mundo de las telecomunicaciones inalámbricas
- Todas las piezas estan disponibles: tecnología, estándares abiertos y marco legal.

Unidad 01: Introducción

Autores: *Alberto Escudero Pascual / IT +46*
Basado en el trabajo original de: *Bruno Roger / ESMT*
Traducido por Asociación Civil Nodo TAU

Creando oportunidades en la "banda basura"

La historia del popular WiFi empezó hace más de veinte años. En el año 1985 el gobierno de los Estados Unidos a través de la comisión federal para las comunicaciones (FCC) decide el uso de varias bandas de radiofrecuencia sin la necesidad de una licencia gubernamental.

Una de esas espacios (bandas) era la "banda basura de 2.4 GHz", una banda que ya se había reservado para el uso de equipos domésticos que generan ruido de radiofrecuencia como los hornos microondas. Desde 1985, esta porción del espectro radioeléctrico se podía usar no sólo para calentar un vaso de leche sino que además se podía dedicar al uso industrial, médico y científico (ISM).

El espectro se hace accesible

Aunque el espectro era accesible, la tecnología que podría operar en esas frecuencias no estaba al alcance de cualquiera. Debido a la naturaleza compartida de esa banda era necesario crear una tecnología que fuera lo suficiente robusta frente al ruido. Para mejorar la comunicación en este tipo de bandas "basura" era conveniente "expandir" la señal de radio en un espectro más grande del mínimo necesario. La tecnología que hace uso del principio técnico de expandir la señal de radio en un rango mucho mayor del mínimo requerido o es conocida como "spread spectrum" o "espectro expandido ".

La historia del espectro expandido (o disperso) data de los años 40. La primera versión de esta tecnología fue inventada por la actriz Hedy Lamarr. La invención fue patentada como "Sistema de comunicación secreta" y fue propuesta para guiar torpedos. La patente expiró en los años 50 sin que Lamarr y su coinventor George Antheil recibieran ninguna regalía por la misma, pero luego la idea se usó de manera masiva en el campo militar y varias de las patentes posteriores aluden al trabajo pionero de Lamarr y Antheil.

La tecnología se hizo accesible

En 1990, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE, formó un nuevo grupo de trabajo, el 802.11 Uno de los roles del Instituto es promover los estándares dentro de la industria. Aunque se

podía operar en el espectro (licencia libre) y existía una tecnología militar disponible (espectro expandido), era necesario un estándard de comunicaciones para impulsar su uso masivo.

El proceso de estandarización del IEEE está abierto a cualquier persona con independencia de su afiliación. La filosofía detrás del IEEE es que la aceptación masiva de cierta tecnología sólo se puede conseguir con grandes consensos.

Aunque varios dispositivos previos al estándar se llegaron a fabricar y a desplegar , no fue hasta el año 1997 cuando el IEEE aprobó el estándar 802.11 – redes inalámbricas de área local (Wireless LAN). El primer estándar fue complementado al poco tiempo por otro llamado IEEE 802.11b (1999). Para garantizar la compatibilidad entre diferentes implementaciones del estándar IEEE 802.11, se creó una nueva organización llamada WECA (ahora conocida como WiFi Alliance) que popularizó elmblema WIFi (Wireless Fidelity).

El estándar para comunicaciones inalámbricas en interiores se hizo público

El IEEE 802.11b fue diseñado desde el principio para operar en interiores y ser capaz de transferir 11 Mbps usando una tecnología de la familia del “espectro expandido” llamada Espectro expandido con código de secuencia directa (Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). Aunque inicialmente fue concebida como una tecnología de corto alcance dentro de edificios, no pasó demasiado tiempo hasta que se empezaron a implementar enlaces de larga distancia (enlaces punto a punto (PtP) y enlaces multipunto (PtMP) basados en la misma tecnología.

Tecnología inalámbrica en exteriores, la nueva oportunidad

Muchas de los problemas de WiFi para el transporte de datos y voz en enlaces troncales de Internet se han ido resolviendo. Entre los años 2000 y 2005, muchas compañías han invertido en la adaptación y optimización del IEEE 802.11b para su uso en enlaces de telecomunicaciones substituyendo enlaces que tradicionalmente se hacían con tecnología a un costo diez o veinte veces mayor. Debido a su bajo costo, la innovación ha surgido de un número mayor de actores entre los que se incluyen la comunidad de desarrolladores de software libre. En unos pocos años decenas de productores de equipos y desarrolladores de código han incorporado extensiones al protocolo para mejorar su rendimiento en diferentes escenarios (e.g. presencia de nodos ocultos, falta de calidad de servicio, bajo rendimiento en VoIP, etc.)

El desarrollo y aceptación de las soluciones basadas en WiFi está siguiendo un camino similar a la "revolución de los estándares abiertos y la computadora personal" hace dos décadas. Había una necesidad, la tecnología estaba disponible y se desarrolló un estándar con el objetivo de garantizar la compatibilidad y la aceptación masiva.

Mientras otros estándares basados en IEEE 802.11[1] intentan mejorar muchos de los problemas de 802.11b, las redes basadas en WiFi siguen creciendo. La ventaja más evidente es que permiten implementar redes al día de hoy a un precio al que otras tecnologías no pueden competir, con total independencia del futuro de otros esfuerzos como el estándar IEEE 802.16 (WMAN-WiMAX)[2]. Lo que es indudable es que el futuro traerá nuevas oportunidades que explorar.

La historia se repite de nuevo con esta tecnología. WiFi nunca fue diseñada para ser la mejor tecnología para enlaces en exteriores o enlaces multipunto de larga distancia; pero a pesar de ello WiFi siempre será recordada como la tecnología que transformó la computadora personal en un equipo de radiocomunicaciones en Internet.

Las razones para su aceptación global se encuentran en su bajo costo debido a su producción masiva, la posibilidad de integrarse facilmente con las computadoras personales y sus sistemas operativos, la existencia de garantias de interoperabilidad entre productores (WiFi) y la existencia de un marco regulatorio muy favorable a su uso.

Es la hora de moverse!

Por el precio de una computadora personal es posible conectar dos poblaciones separadas 10 kms. WiFi nos da (a la comunidad) la posibilidad de ofrecer servicios de voz y datos a muy bajo costo. Esta nueva oportunidad no es solo un reto para nosotros, también lo es para los mercados tradicionales de telecomunicaciones y sus reguladores. http://www.inventions.org/culture/female/lamarr.html

1. La familia IEEE 802.11 de estándares acaba de incluir dos nuevas extensiones que tratan de resolver algunos de los problemas existentes en IEEE 802.11b: seguridad y calidad de servicio. El estándar IEEE 802.11i incluirá WPA2 como una substitución del WEP y el IEEE 802.11e incluye una manera de implementar calidad de servicio.

2. El IEEE 802.16 es otro grupo de trabajo del IEEE cuyo esfuerzo se concentra en enlaces multipunto de banda ancha en exteriores. El estándar original IEEE 802.16 (2001), ha sido diseñado para operar en el rango de frecuencia de 10 a 66 GHz. Un adición posterior , IEEE 802.16a (2004), incluye el soporte entre 2 y 11 GHz y en 2005 se incluyó también el soporte para movilidad de las estaciones (802.16e).

Sobre el proyecto TRICALCAR
Tejiendo Redes Inalámbricas Comunitarias en América Latina y el Caribe | www.wilac.net/tricalcar/

TRICALCAR es un proyecto de formación de capacidades e investigación aplicada sobre redes inalámbricas comunitarias para ALC donde la aplicación de estas destrezas servirá para ampliar la conectividad a comunidades rurales y urbano-marginales que no han podido aprovechar aún de los beneficios de las TICs que se desarrollará en un plazo de 15 meses, a partir del 8 de febrero de 2007.

Un curriculo de módulos temáticos para capacitación técnica ha sido traducido, ajustado, localizado y desarrollado de acuerdo a las condiciones en ALC, en base esfuerzo realizado por el proyecto de APC desarrollado en Africa ("Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa"). Para más información sobre ese proyecto consulte http://www.apc.org/wireless/

Los socios del proyecto TRICALCAR son la Fundación EsLaRed/WiLAC (Venezuela), el Centro Peruano de Estudios Sociales – CEPES (Perú), Nodo TAU (Argentina) y LaNeta (México), IT+46, COLNODO (Colombia) y la Asociación para el Progreso de las Comunicaciones – APC a través de sus programas de Apoyo a las Redes de Mujeres - PARM y del Programa de Usos Estratégicos y de su proyecto Monitor de Políticas de TIC en LAC. El proyecto es coordinado por WiLAC, y cuenta con el auspicio del Instituto para la Conectividad en las Américas – ICA del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo – CIID de Canadá.

Un grupo de técnicos de alto nivel y organizaciones locales con sólida experiencia en el uso y promoción de las TICs y su impacto social, realizarán 3 talleres teórico-prácticos a profundidad que le permitirán a lo/as 90 técnico/as participantes contar con el conocimiento suficiente para la construcción de redes inalámbricas comunitarias en sus países de origen, así como contar con las herramientas necesarias para formar a otros.

El primer taller se desarrollará en Huaral, Perú del 16 al 21 de Julio de 2007 y centrará la participación de los países de la zona Andina (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). El segundo taller centrará la participación de los países del Cono Sur (Chile, Argentina, Uruguay y Paraguay) en Rosario, Argentina del 22 al 27 de Octubre. El tercer taller centrará la participación de los países México, Centro América y Caribe hispano, en México del 4 al 9 de Febrero.

Se desplegará un enlace de larga distancia en cada una de las localidades donde tendrán lugar los talleres, el cual quedará al servicio de la red inalámbrica de la comunidad respectiva.

Adicionalmente, se están desarrollando 3 componentes de investigación aplicada sobre tecnologías inalámbricas apropiadas, de bajo costo, al servicio de las comunidades más apartadas:

1) Para el despliegue de enlaces eficientes de larga distancia, se requiere modificar el MAC (Media Access Control) del protocolo IEEE802.11. Por lo tanto, se realizarán actividades de investigación y desarrollo en ésta area, como parte integral del proyecto general.
2) Para lograr la tan necesitada provisión de de servicios de voz en centros comunitarios, se estará trabajando en un sistema que permita la implementación de Voz sobre IP (VoIP) y de un sistema de control y facturación para dichos centros utilizando software de código abierto.
3) Se investigará sobre las alternativas existentes para el despliegue de redes en topologías mesh utilizando software de código abierto, ampliando la oferta de información a los participantes de los talleres al ofrecer información actualizada sobre el estado de desarrollo de estas técnicas.

TRICALCAR facilita y promueve la discusión e intercambio entre instructores y participantes de los talleres, así como con otros actores involucrados en el tema de conectividad inalámbrica para el desarrollo en la región, permitiendo así el fortalecimiento de una creciente red de activos emprendedores en redes inalámbricas comunitarias. Como parte de la metodología de trabajo, TRICALCAR asegurará una representación incluyente y equitativa tanto geográficamente como de género. Se promueve el uso de estándares abiertos, de manera que las aplicaciones y el aprendizaje sean ampliamente disponibles al menor costo posible.

Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad:

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.



Unidad 02: Estándares en Tecnologías Inalámbricas

Autores: *Alberto Escudero Pascual / IT +46*
Basado en el trabajo original de: *Bruno Roger / ESMT*
Traducido por Asociación Civil Nodo TAU

Tabla de contenido

1. Sobre este documento ... 3
1.1 Información sobre propiedad intelectual ... 3
1.2 Grados de dificultad ... 3
1.3 Información sobre los iconos ... 3
2. Introducción ... 4
3. ¿Qué es un estándar? ... 4
4. Estándares abiertos y cerrados ... 5
5. IEEE y sus grupos de trabajo ... 5
5.1 IEEE 802 LAN/MAN ... 6
6. IEEE 802.11 tradicional (Redes de Área Local Inalámbricas) ... 6
6.1 Confusión de nombres ... 7
7. IEEE 802.11 - Aspectos técnicos ... 7
7.1 Capa 1 (802.11 PHY) ... 8
7.1.1 Técnicas de modulación ... 8
7.1.2 Frecuencia ... 9
7.2 Capa 2 (802.11 MAC) ... 10
7.2.1 Método de acceso al medio ... 10
8. Enmiendas de IEEE 802.11 ... 11
8.1 IEEE 802.11b ... 11
8.2 IEEE 802.11a ... 11
8.3 IEEE 802.11g ... 12
8.4 IEEE 802.11s ... 12
8.5 IEEE 802.11n ... 13
8.5.1 Diversidad Espacial ... 13
8.5.2 Multiplexación por división espacial (SDM) ... 14
8.6 IEEE 802.11e ... 14
8.7 IEEE 802.11i ... 14
8.8 Resumen de las enmiendas 802.11 ... 14
9. WiMAX (IEEE 802.16) vs. WiFi (IEEE 802.11) ... 15
9.1 Rango y Cobertura ... 16

9.2 Escalabilidad y rendimiento..... 18
9.3 Calidad del servicio..... 18
10. Conclusiones..... 19
11. Recursos adicionales..... 20
11.1 En línea..... 20
11.2 Libros y Artículos..... 21
12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 22

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina y el Caribe.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica. Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX.

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio” y sólo la sección 9 es considerada “ avanzado”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Esta servirá como guía de los estándares de las redes inalámbricas. Todos hemos escuchado sobre el IEEE 802.11 pero, ¿cuáles son realmente las diferencias técnicas entre los subgrupos?; ¿cuál es el significado en términos técnicos de que el estándar X es 10 veces más rápido que el estándar Y?

Esta unidad discute el estándar comúnmente usado IEEE 802.11 y también el nuevo estándar de banda ancha IEEE 802.16 (WiMAX). Para proveer un mejor entendimiento de las diferencias principales entre dichos estándares se presenta una comparación técnica en términos de alcance y cobertura, escalabilidad y rendimiento y calidad de servicio (QoS).

3. ¿Qué es un estándar?

Antes de comenzar a hablar de estándares inalámbricos, nos gustaría introducir el concepto de "estándar". ¿Qué es un estándar por definición y por qué los estándares son importantes?

En 1978 la US-NSPAC (Comité consultivo de la política nacional de los estándares) definió "estándar" como:



"Un sistema de reglas prescrito, condiciones o requerimientos que atañen a las definiciones de los términos; clasificación de los componentes; especificación de materiales, prestaciones u operaciones; delimitación de procedimientos; o medidas de la cantidad y calidad en la descripción de materiales, productos, sistemas, servicios o prácticas"

Un aspecto de los estándares que puede ser sorprendente es que a menudo se acuerdan entre fabricantes que compiten por el mismo mercado. ¿Cómo se explica que los competidores estén trabajando juntos cuando están luchando para la misma cuota de mercado?

Una cosa de la que podemos estar seguros, es que si la estandarización de hardware, software y sistemas no fuera beneficiosa para los vendedores, no habría lugar para la estandarización.

Para los vendedores, tener un producto que cumple con las especificaciones de un estándar, implica interoperabilidad entre los productos de la misma familia. También significa la posibilidad de tener acceso a un mercado global donde los clientes que están familiarizados con un estándar no necesariamente están familiarizados con el producto en sí. Los estándares son usado por los vendedores para garantizarles a sus clientes un nivel de seguridad, calidad, y consistencia en sus

productos. Para el cliente, un producto que sigue un estándar específico implica la posibilidad de interoperabilidad con otros productos y de no estar "atado" a un vendedor único.

4. Estándares abiertos y cerrados

Para simplificar, podemos dividir los estándares entre abiertos y cerrados (exclusivos de un fabricante o vendedor). Un estándar abierto está disponible públicamente, mientras que uno cerrado no. Los estándares cerrados están disponibles solo bajo términos muy restrictivos establecidos en un contrato con la organización que posee el copyright de la especificación. Un ejemplo de estándar abierto es HTML mientras que el formato de un documento de Microsoft Office es cerrado.

Un estándar abierto aumenta la compatibilidad entre el hardware, software o sistemas, puesto que el estándar puede ser implementado por cualquiera. En términos prácticos, esto significa que cualquiera, con los conocimientos adecuados, puede construir su propio producto capaz de trabajar en conjunto con otros productos que adhieran al mismo estándar abierto.

Un estándar abierto no implica necesariamente que sea exento de pago de derechos o de licencias. Aunque podemos suponer que todos los estándares gratuitos son abiertos, lo opuesto no es necesariamente cierto. Algunos estándares abiertos se ofrecen sin cargo, mientras que en otros, los titulares de las patentes pueden requerir regalías por el "uso" del estándar. Los estándares publicados por los cuerpos de estandardización internacionales importantes tales como la UIT, la ISO y el IEEE son considerados abiertos pero no siempre gratuitos. Un ejemplo relevante es el estándar de compresión de voz G.729 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que requiere un pago de regalías por los propietarios de la patente, a pesar de que es un estándar internacional.

Resumiendo, los estándares abiertos promueven la competición entre fabricantes que se tienen que ceñir a reglas de juego comunes facilitando la interoperabilidad y la creación de productos más económicos.

5. IEEE y sus grupos de trabajo

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE es una organización internacional sin fines de lucro, líder en el campo de la promoción de estándares internacionales, particularmente en el campo de las telecomunicaciones, la tecnología de información y la generación de energía. IEEE tiene en su haber 900 estándares activos y otros 400 en desarrollo.

Algunos de los productos del IEEE más conocidos son el grupo de estándares para redes LAN/MAN IEEE 802 que incluye el de Ethernet (IEEE 802.3) y el de redes inalámbricas (IEEE 802.11). La actividad del IEEE se realiza a través de grupos de trabajo integrados por voluntarios internacionales que se reúnen varias veces al año para discutir y votar las propuestas, a menudo con encarnizados

debates por los intereses comerciales involucrados. El estándar 802.11g tardó varios años en ser aprobado por estos motivos.

5.1 IEEE 802 LAN/MAN

EEE 802 es una familia de estándares referentes a redes de área local (LAN) y metropolitanas (MAN). Por definición los estándares IEEE 802 se restringen a redes que transportan paquetes de tamaño variable (en contraste con las redes basadas en celdas de tamaño uniforme como ATM "Asynchronous Transfer Mode").

Todos los servicios y protocolos especificados en IEEE 802 se relacionan con las dos capas más baja del modelo OSI, la capa física y la capa de enlace de datos (ver la unidad avanzada de redes inalámbricas).

La familia de estándares IEEE 802 es mantenida por el comité de estándares LAN/MAN (LMSC) del IEEE que establece un grupo de trabajo individual para cada una de las 22 áreas que incluye. El IEE802.11 (LAN inalámbricas) y el IEEE 802.16 (Acceso Inalámbrico de Banda Ancha) son dos de esas áreas.

6. IEEE 802.11 tradicional (Redes de Área Local Inalámbricas)

El IEEE 802.11 puede considerarse para "Ethernet inalámbrica". El estándar original IEEE 802.11 lanzado en 1997 especifica CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance -Acceso Múltiple por Detección de Portadora/Limitación de Colisiones-) como método de acceso al medio, parecido al utilizado por Ethernet. Todas las enmiendas del IEEE 802.11 son basadas en el mismo método de acceso. Sin embargo, CSMA/CA es un método de acceso muy ineficaz puesto que sacrifica ancho de banda para asegurar una transmisión confiable de los datos. Esta limitación es inherente a todas las tecnologías basadas CSMA, incluyendo la CSMA/CD utilizada en Ethernet.

Además, IEEE 802.11 especifica tasas de datos de 1 y 2 Mbps, transmitidas vía infrarrojo (IR) o 2.4GHz. Aunque no hay implementaciones basadas sobre IR, todavía permanece como parte del estándar original.

Un puñado de productos comerciales usaron la especificación original del IEEE 802.11 pero pronto fueron reemplazada por productos que implementan IEEE 802.11b cuando la "enmienda b" fue ratificada en 1999.

6.1 Confusión de nombres

IEEE 802.11 es llamado de varias maneras tales como Wi-Fi, Wireless-Fidelity, WLAN, Wireless LAN y IEEE 802.11x. Trataremos de aclarar esta confusión de nombres antes de comenzar con las diversas enmiendas (versiones) del estándar IEEE 802.11.

1. Wi-Fi es una "marca" que es licenciada por la alianza Wi-Fi para los productos que cumplen los requerimientos para la interoperabilidad entre productos basados en el estándar IEEE 802.11. En otras palabras, una red Wi-Fi es una red que adhiera al estándar IEEE 802.11. El nombre Wi-Fi es hoy en día de uso general en vez de "IEEE 802.11" de la misma forma que Ethernet se está utilizando para "IEEE 802.3". Al contrario de lo que muchos creen, Wi-Fi no es una abreviatura de "Wireless Fidelity". Fue utilizado al principio por la alianza Wi-Fi en una línea de la etiqueta. que decía: "El estándar para Wireless Fidelity" pero luego esta leyenda fue quitada de los productos en comercialización[1].
2. Wireless LAN o WLAN es comúnmente usado como el nombre para cualquier red de área local inalámbrica que utilice las ondas de radio como portadora. Wireless LAN es también el nombre alternativo del estándar de IEEE 802.11 usado por el IEEE.
3. IEEE 802.11x es usado algunas veces para referirse a todo el grupo de estándares dentro del IEEE 802.11 (b, a, g, etc.). El mismo nombre es algunas veces usado para referirse al grupo de estándares en desarrollo dentro de la familia del IEEE 802.11 y algunos que están en desarrollo y no han sido aprobados por el momento. Y, el nombre también se confunde a menudo con los estándares IEEE 802.1x para el control de acceso a la red basada en puertos. Sin embargo, no hay estándar o grupo de tareas llamado "802.11x". Para evitar confusión le sugerimos que tenga cuidado al usar el término IEEE 802.11x.

7. IEEE 802.11 - Aspectos técnicos

El estándar 802.11 para redes LAN inalámbricas incluye una serie de enmiendas. Las enmiendas contemplan principalmente las técnicas de modulación, gama de frecuencia y la calidad del servicio (QoS). Como todos los estándares 802 del IEEE, el IEEE 802.11 cubre las primeras dos capas del modelo de OSI (Open Systems Interconnection), es decir la capa física (L1) y la capa de enlace (L2). La sección siguiente describirá lo que implica cada una de esas capas en términos de estándares inalámbricos.

1. Para saber más sobre esto visita: http://www.boingboing.net/2005/11/08/wifi_isnt_short_for_.html

7.1 Capa 1 (802.11 PHY)

La capa física tiene como finalidad transportar correctamente la señal que corresponde a 0 y 1 de los datos que el transmisor desea enviar al receptor. Esta capa se encarga principalmente de la modulación y codificación de los datos.

7.1.1 Técnicas de modulación

Un aspecto importante que influencia la transferencia de datos es la técnica de modulación elegida. A medida que los datos se codifican más eficientemente, se logran tasas o flujos de bits mayores dentro del mismo ancho de banda, pero se requiere hardware más sofisticado para manejar la modulación y la demodulación de los datos.



La idea básica detrás de las diversas técnicas de modulación usadas en IEEE 802.11 es utilizar más ancho de banda del mínimo necesario para mandar un "bit" a fin de conseguir protección contra la interferencia. La manera de esparcir la información conduce a diversas técnicas de modulación. Las más comunes de estas técnicas se presentan abajo.

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum –espectro esparcido por salto de frecuencia–)

FHSS se basa en el concepto de transmitir sobre una frecuencia por un tiempo determinado, después aleatoriamente saltar a otra, ej.: La frecuencia portadora cambia durante el tiempo o el transmisor cambia periódicamente la frecuencia según una secuencia preestablecida.

El transmisor envía al receptor señales de sincronización que contienen la secuencia y la duración de los saltos. En el estándar IEEE 802.11se utiliza la banda de frecuencia (ISM) que va de los 2,400 hasta los 2,4835 GHz, la cual es dividida en 79 canales de 1 MHz y el salto se hace cada 300 a 400 ms. Los saltos se hacen alrededor de una frecuencia central que corresponde a uno de los 14 canales definidos. Este tipo de modulación no es común en los productos actuales.

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum –espectro esparcido por secuencia directa–)

El DSSS implica que para cada bit de datos, una secuencia de bits (llamada secuencia seudoaleatoria, identificada en inglés como PN) debe ser transmitida. Cada bit correspondiente a un 1 es substituido por una secuencia de bits específica y el bit igual a 0 es substituido por su complemento. El estándar de la capa física 802.11 define una secuencia de 11 bits (10110111000) para representar un "1" y su complemento (01001000111) para representar un "0". En DSSS, en lugar de esparcir los datos en diferentes frecuencias, cada bit se codifica en una secuencia de impulsos más cortos, llamados chips,

de manera que los 11 chips en que se ha dividido cada bit original ocupan el mismo intervalo de tiempo. Esta técnica de modulación ha sido común desde el año 1999 al 2005.

OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing –modulación por división de frecuencias ortogonales–)

OFDM, algunas veces llamada modulación multitono discreta (DMT) es una técnica de modulación basada en la idea de la multiplexación de división de frecuencia (FDM). FDM, que se utiliza en radio y TV, se basa en el concepto de enviar múltiples señales simultáneamente pero en diversas frecuencias. En OFDM, un sólo transmisor transmite en muchas (de docenas a millares) frecuencias ortogonales. El término ortogonal se refiere al establecimiento de una relación de fase específica entre las diferentes frecuencias para minimizar la interferencia entre ellas.

Una señal OFDM es la suma de un número de subportadoras ortogonales, donde cada subportadora se modula independientemente usando QAM (modulación de fase y amplitud) o PSK (modulación de fase). Esta técnica de modulación es la más común a partir del 2005.

7.1.2 Frecuencia

Los estándares 802.11b y la 802.11g usan la banda de los 2,4 GHz ISM (Industrial, Científica y Médica) definida por la UIT. Los límites exactos de esta banda dependen de las regulaciones de cada país, pero el intervalo más comúnmente aceptado es de 2.400 a 2. 483,5 MHz.

El estándar 802.11a usa la banda de los 5 GHz UNII (Unlicensed-National Information Infrastructure) cubriendo 5.15-5.35 GHz y 5.725-5.825 GHz en EEUU. En otros países la banda permitida varía, aunque la UIT ha instado a todos los países para que vayan autorizando la utilización de toda estas gamas de frecuencias para redes inalámbricas.

La banda sin licencia de los 2.4 GHz se volvió últimamente muy “ruidosa” en áreas urbanas, debido a la alta penetración de las WLAN y otros dispositivos que utilizan el mismo rango de frecuencia, tal como hornos de microondas, teléfonos inalámbricos y dispositivos Bluetooth. La banda de los 5 GHz tiene la ventaja de tener menos interferencia, pero presenta otros problemas debido a su naturaleza. Las ondas de alta frecuencia son más sensibles a la absorción que las ondas de baja frecuencia. Las ondas en el rango de los 5 GHz son especialmente sensibles al agua, a los edificios circundantes u otros objetos, debido a la alta absorción en este rango. Esto significa que una red 802.11a es más restrictiva en cuanto a la línea de la vista y se requieren más puntos de acceso para cubrir la misma área que una red 802.11b. Para la misma potencia de transmisión las celdas resultantes son más pequeñas.

7.2 Capa 2 (802.11 MAC)

La capa de transmisión de datos de 802.11, se compone de dos partes:

1. Control de acceso al medio (MAC)
2. Control lógico del enlace (LLC)

La subcapa LLC de 802.11 es idéntica a la de 802.2 permitiendo una compatibilidad con cualquier otra red 802, mientras que la subcapa MAC presenta cambios sustanciales para adecuarla al medio inalámbrico.

La subcapa MAC (L2) es común para varios de los estándares 802.11, y sustituye al estándar 802.3 (CSMA/CD – Ethernet) utilizado en redes cableadas, con funcionalidades especificas para radio (los errores de trasnmisión son más frecuentes que en los medios de cobre), como fragmentación, control de error (CRC-Cyclic Redundancy Check), las retransmisiones de tramas y acuse de recibo, que en las redes cableadas son responsabilidad de las capas superiores.

7.2.1 Método de acceso al medio

El protocolo de acceso al medio en redes Ethernet cableadas es el CSMA/CD, basado en la detección de colisiones y la subsiguiente retransmisión cuando éstas ocurren. En redes inalámbricas que utilizan la misma frecuencia para transmitir y recibir, es imposible detectar las colisiones en el medio, por lo que el mecanismo de compartición del medio se modifica tratando de limitar las colisiones y usando acuse de recibo (ACK) para indicar la recepción exitosa de una trama. Si el transmisor no recibe el ACK dentro de un tiempo preestablecido, supone que la transmisión no fue exitosa y la reenvía. Este protocolo se conoce como CSMA/CA, donde CA se refiere a “Collision Avoidance”, es decir, tratar de evitar las colisiones. Este método no es tan eficiente como el CSMA/CD porque hay que esperar el ACK antes de poder continuar utilizando el canal, y el mismo ACK consume tiempo de transmisión.

Además, para transmisión a grandes distancias el tiempo de espera por el ACK puede ser significativo debido a que las ondas de radio tardan 2 ms en ir y volver a una distancia de 300 km. Esencialmente, CSMA/CA utiliza unos tiempos de espera obligatorios de longitud variable entre tramas sucesivas para evitar las colisiones. Estos tiempos se denominan espaciamiento entre tramas, “Interframe Spacing”, y su valor depende del estado previo del canal. Opcionalmente también se pueden utilizar mecanismos de reserva del canal, en una técnica conocida como RTS/CTS (Ready to Send/Clear to Send) que garantiza el acceso al medio a expensas de tiempos de transmisión aún más largos.

El acceso al medio es controlado por el uso de diversos tipos de interframe spaces (IFS) o espacio entre tramas, que corresponde a los intervalos de tiempo que una estación necesita esperar antes de

enviar datos. Los datos prioritarios como paquetes de ACKs o de RTS/CTS esperarán un período más corto (SIFS) que el tráfico normal.

Por estos motivos nunca se puede lograr que el 802.11b tenga un rendimiento tan bueno como el CSMA/CD o tecnologías basadas en TDMA (Time division Multiple Access -Acceso Múltiple por División de Tiempo). *Para más información, vea la unidad "redes inalámbricas avanzadas".*

8. Enmiendas de IEEE 802.11

Las enmiendas más aceptadas de la familia de IEE 802.11 son actualmente las b, a, y g. Todas ellas han alcanzado los mercados masivos con productos de costo accesibles. Otras enmiendas son [c-f], [h-j], n y s que son correcciones, actualizaciones o extensiones de las anteriores. Describiremos un poco las b, a, g, s y n en esta sección.

8.1 IEEE 802.11b

IEEE 802.11b incluye mejoras del estándar original 802.11 para el soporte de tasas de transmisión más elevadas (5,5 y 11 Mbit/s). IEEE 802.11b usa el mismo método de acceso y la misma técnica DSSS definidas en el estándar IEEE 802.11 original.

Un dispositivo basado en IEEE 802.11b puede transmitir hasta 11 Mbit/s, y reducirá automáticamente su tasa de transmisión cuando el receptor empiece a detectar errores, sea debido a la interferencia o a la atenuación del canal, cayendo a 5,5 Mbit/s, después a 2, hasta llegar a 1 Mbit/s, cuando el canal sea muy ruidoso. Las tasas de transmisiones de datos mas bajas son menos sensibles a la interferencia y a la atenuación puesto que están utilizando un método más redundante para codificar los datos (las exigencias de relación de señal y ruido son menos exigentes a tasas de transferencias de datos más bajas).

8.2 IEEE 802.11a

De la misma manera que IEEE 802.11b, esta enmienda utiliza el mismo protocolo de base que el estándar original. El IEEE 802.11a funciona en la banda de los 5 GHz y utiliza OFDM, una técnica de modulación que permite una tasa de transmisión máxima de 54 Mbit/s. Usando la selección adaptativa de velocidad, la tasa de datos cae a 48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbit/s a medida que se experimentan dificultades en la recepción.

802.11a tiene 12 canales sin solapamiento, de los cuales 8 están dedicados para el uso en interiores y los 4 restantes son para enlaces exteriores. 802.11a no es interoperable con 802.11b, porque usan bandas de frecuencia distintas, pero existen equipos que trabajan con ambos estándares (2 radios).

La frecuencia de 5 GHz introduce mayor atenuación en la transmisión en exteriores y es también absorbida en mayor grado por paredes y otros objetos, por lo que en general tiene menor alcance que la de 2,4 GHz; sin embargo, esto se puede compensar a veces utilizando antenas exteriores de mayor ganancia.

Hoy en día, 802.11a no ha alcanzado la difusión que tiene el 802.11b, por haber llegado más tarde al mercado. La banda de 5 GHz no está disponible en todos los países aunque está aumentando el número de administraciones que la permiten.

8.3 IEEE 802.11g

En junio de 2003, se ratificó una tercera enmienda al estándar 802.11 con la denominación de IEEE 802.11g y funciona en la misma banda del 802.11b.

802.11g usa la misma técnica de modulación que el 802.11a (ODFM) por lo tanto funciona con una tasa máxima de transferencia de datos de 54 Mbit/s. Para asegurar la interoperabilidad con el 802.11b, en las tasas de datos de los 5,5 y los 11 Mbps se revierte a CCK+DSSS (como 802.11b) y usa DBPSK/DQPSK + DSSS para tasas de transferencias de 1 y 2 Mbps.

La interoperabilidad 802.11g con 802.11b es una de las razones principales de su masiva aceptación. Sin embargo, sufre el mismo problema en 802.11b con respecto a interferencia (demasiados puntos de acceso urbanos) puesto que funcionan en la misma banda de frecuencia.

8.4 IEEE 802.11s

IEEE 802.11s es el estándar en desarrollo para redes Wi-Fi malladas, también conocidas como redes Mesh. La malla es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más nodos. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos.

Según la normativa 802.11 actual, una infraestructura Wi-Fi compleja se interconecta usando LANs fijas de tipo Ethernet. 802.11s pretende responder a la fuerte demanda de infraestructuras WLAN móviles con un protocolo para la autoconfiguración de rutas entre puntos de acceso mediante topologías multisalto. Dicha topología constituirá un WDS (Wireless Distribution System) que deberá soportar tráfico unicast, multicast y broadcast. Para ello se realizarán modificaciones en las capas

PHY y MAC de 802.11 y se sustituirá la especificación BSS (Basic Service Set) actual por una más compleja conocida como ESS (Extended Service Set).

En noviembre de 2006 aparecieron los primeros borradores que serían votados en enero de 2007. Aún así, se prevé que la publicación del estándar se demore, como mínimo, hasta octubre de 2008, aunque los detalles técnicos podrán estar acabados a mediados de ese año.

8.5 IEEE 802.11n

La última enmienda del 802.11 es IEEE 802.11n[2] que apunta a alcanzar una tasa teórica de 540 Mbit/s que sería 40 veces más rápida que la de 802.11b y 10 veces más que la de 802.11a o la 802.11g. La norma 802.11n aprovecha muchas de las enmiendas previas pero la gran diferencia es la introducción del concepto de MIMO (Multiple Input, Multiple Output), múltiples-entradas múltiples-salidas. MIMO implica utilizar varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia y el alcance.

Muchos expertos afirman que MIMO es el futuro de las redes inalámbricas[3].

8.5.1 Diversidad Espacial

MIMO aprovecha la propagación por multitrayectoria para mejorar el rendimiento (o para reducir la tasa de errores) en vez de tratar de eliminar los efectos de las reflexiones en el trayecto de propagación como hacen los otros estándares. En términos simples, MIMO se aprovecha de lo que otros estándares consideran como obstáculo: La multitrayectoria.

Cuando una señal de radio es enviada por el aire, puede alcanzar al receptor a través de diferentes trayectos. El receptor recibe primero la señal directa de línea de vista y un tiempo después, ecos y fragmentos de la señal que ha sido reflejada en edificios o en otros obstáculos. Normalmente, estos ecos y fragmentos son vistos como ruido de la señal buscada, pero MIMO es capaz de usar esa información proveniente de trayectos indirectos para mejorar la señal principal. Esto resulta en una señal más limpia (menos ruido) y alcance mayor. Inclusive, a distancias cortas, es posible la transmisión aun cuando la línea de vista esté bloqueada, cosa muy difícil con las versiones anteriores de 802.11. Esto se conoce como transmisión sin línea de vista (NLOS: Non Line of Sight).

2. http://www.oreilly.com/catalog/802dot112/chapter/ch15.pdf

3. http://www.zdnetindia.com/insight/communication/stories/129508.html

8.5.2 Multiplexación por división espacial (SDM)

Otra característica que MIMO incluye es el uso de muchos transmisores para la misma secuencia de datos, de ahí la llamada multiplexación por división espacial (SDM). Un conjunto de secuencias de datos independientes se envía dentro de un mismo canal, aumentando así el rendimiento de la transmisión en proporción al número de secuencias empleadas. Puesto que MIMO requiere antenas y procesamiento adicional, necesariamente los equipos que lo emplean son más costosos.

8.6 IEEE 802.11e

Con el estándar 802.11e, la tecnología IEEE 802.11 soporta tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones.. Su objetivo es introducir nuevos mecanismos a nivel de la capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de QoS (Quality of Service), por lo que es de importancia crítica para aplicaciones sensibles a retrasos temporales como la VoIP y el streaming multimedia. Gracias a este estándar será posible, por ejemplo, utilizar aplicaciones de VoIP o sistemas de vídeovigilancia de alta calidad con infraestructura inalámbrica.

Para cumplir con su objetivo, IEEE 802.11e emplea una nueva técnica llamada HCF (Hybrid Coordination Function), que define dos formas de acceder al canal, EDCA y HCCA, cada una de las cuales puede llevar asociadas varias clases de tráfico.

8.7 IEEE 802.11i

Este estándar está dirigido a batir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación, especialmente en WEP. El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales), y AES (Estándar de Cifrado Avanzado). Se implementa un subconjunto de este estándar en WPA y totalmente en WPA2.

El estándar 802.11i fue ratificado en Junio de 2004.

8.8 Resumen de las enmiendas 802.11

A continuación se da un resumen y una breve comparación de las 4 enmiendas del IEEE 802.11 más importantes respecto de tasa de transmisión

Estándar	Frecuencia	Técnica de Modulación	Tasa de transmisión nominal	Descripción
802.11a	5 GHz	ODFM	54 Mbps	8 Canales no solapados. No ofrece QoS

Estándar	Frecuencia	Técnica de Modulación	Tasa de transmisión nominal	Descripción
802.11b	2.4 GHz	DSSS, CCK	11 Mbps	14 canales solapados
802.11g	2.4 GHz	OFDM, CCK, DSSS	54 Mbps	14 canales solapados. Compatibilidad con el 802.11b
802.11n	2.4 GHz/?	OFDM	360/540? Mbps	Mejora los estándares anteriores agregando MIMO que aprovecha transmisores múltiples para aumentar el rendimiento mediante multiplexación espacial

Tabla 1: Enmiendas del IEEE 802.11

9. WiMAX (IEEE 802.16) vs. WiFi (IEEE 802.11)

Durante el año pasado, WiMAX se ha promocionado como el estándar inalámbrico de banda ancha del futuro. Muchos proveedores de servicio Internet -Wiresss Internet Service Provider (WISPs)- que utilizan IEEE 802.11 están considerando invertir en soluciones basadas en WiMAX pero no están seguros de lo que puede ofrecerles WiMAX y a qué precio. ¿Es WiMAX sólo propaganda o abre las nuevas oportunidades para la conectividad inalámbrica de banda ancha?

Esta sección apunta a servir como referencia para algunas de las diferencias técnicas entre IEEE 802.11 e IEEE 802.16. Se supone que el lector es ya está familiarizado con soluciones basadas en IEEE 802.11 y desea saber qué puede ofrecer el IEEE 802.16.

El IEEE 802.16 ha sido diseñado específicamente para topologías punto a multipunto en ambientes abiertos que con un mismo control de acceso al medio (MAC) que puede acomodar diferentes capas físicas (PHY) en el rango de frecuencia de 2 a 66 GHz. IEEE aprobó el estándar inicial de IEEE 802.16 para las redes MAN inalámbricas en el rango de frecuencias 11-66 GHz en diciembre de 2001. La extensión 802.16a para frecuencias inferiores a 11 GHz fue aprobada en enero de 2003. El estándar 802.16-2004 fue ratificado por el IEEE en junio de 2004. El estándar 802.16e fue ratificado por IEEE en diciembre de 2005. El propósito del 802.16e es agregar soporte a la movilidad al estándar 802.16d anterior, que se diseñó específicamente para operación fija.

En términos simples, aunque la técnica de modulación cambia dependiendo de la frecuencia de la operación, el formato del paquete de datos, el acceso al medio o las técnicas de control de

errores son independientes de la frecuencia de operación. La “electrónica” utilizada en la capa MAC (ISO, capa 2, enlace) del IEEE 802.16 MAC es independiente de la frecuencia de operación.

IEEE 802.16 no solo apunta a satisfacer los WISP y los requerimientos de la industria en todos lo posibles escenarios sino que aspira a volverse el estándar “de facto” para acceso inalámbrico.

Esto no necesariamente quiere decir que otras tecnologías se volverán automáticamente obsoletas. En muchos casos la discusión es sobre la eficiencia espectral, aspectos regulatorios, acceso a la tecnología o costos de inversión. En este documento hemos decidido enfocarnos en las principales diferencias técnicas, lo que creemos que es un buen punto de partida para la mayoría de los lectores.

Entonces cual es la respuesta a la pregunta WiFi o WiMAX?. Depende en las necesidades de hoy en día y las necesidades del mañana.

9.1 Rango y Cobertura

EEE 802.11 es un protocolo para LAN inalámbrica (uso interior) que fue diseñado para operar en pequeñas celdas (hasta 100 metros).En la fase de diseño nunca fue considerado rendimiento pobre en enlaces a distancias largas , y sufre además del problema del “nodo oculto (hidden node)”.

El método de acceso en IEEE 802.11 (CSMA/CA) supone que todos los nodos que se están comunicando con el punto de acceso pueden “oírse” entre sí y se basa en esto para evitar colisiones. Las colisiones en IEEE 802.11 pueden ser evitadas si todos los nodos pueden detectar con eficacia si se ocupa el canal o no. Desafortunadamente, este requerimiento no siempre puede ser satisfecho cuando se implementa el IEEE 802.11 en ambientes abiertos.

Cuando mas de 10 (algunos dicen 20) estaciones están asociadas al mismo punto de acceso y la tasa de colisiones aumenta, los tiempos de espera para el acceso al medio y las retransmisiones introducen demoras considerables que disminuyen el rendimiento efectivo. IEEE 802.11 funciona mal cuando muchos usuarios son asociados a un punto de acceso en un ambiente exterior. Para resolver algunos de estos problemas, ciertos fabricantes ofrecen soluciones no estándar basadas el “sondeo del cliente” o reservación de ancho de banda controlándolo desde la capa IP . En el sondeo, el punto de acceso decide en qué momento se

concede a una estación el uso del canal. El problema de “nodo oculto” no es nada nuevo y tan pronto como el IEEE 802.11 fue estandarizado se propusieron modificaciones en el MAC del IEEE 802.11 para resolver el problema (como las de Karlnet, TurboCell, WORP etc.). Muchas otras soluciones llegaron a estar disponibles pero la interoperabilidad entre los vendedores no estaba garantizada. En el reciente estándar IEEE 802.11e el MAC fue actualizado para incluir “sondeo o interrogación” y hacer las implementaciones interoperables.

Por el contrario, IEEE 802.16 fue creado para ser una solución MAN inalámbrica y fue diseñado como una solución para exteriores desde el principio. IEEE 802.16 está diseñado para operar en un tamaño de celda típico de 7 a 10 kilómetros y puede manejar distancias de hasta 50 kilómetros. El problema del “nodo oculto” fue resuelto desde la primera fase de diseño, mediante DAMA-TDMA (Demand assigned Multiple Access - Time Division Multiple Access) para el enlace ascendente (uplink) donde la estación base asigna ranuras de tiempo a cada estación. DAMA-TDMA usa el mismo principio que las redes de satelitales donde las estaciones clientes no pueden “escucharse” entre sí.

Para operar mejor en ambientes donde no hay línea de vista (NLOS), IEEE 802.16 incluye una modulación más compleja basada en OFDM utilizando transformada rápida de Fourier (FFT) de 256-puntos en vez de los 64 puntos empleados en IEEE 802.11 a/g lo que le confiere un mejor rendimiento en ausencia de línea de vista. IEEE 802.16 puede tolerar 10 veces más retardo de multitrayectoria que 802.11. IEEE 802.16 puede hacer un uso mejor de los recursos disponibles en el aire puesto que la estación base adjudica ranuras de tiempo a los suscriptores usando algoritmo de programación dinámica. El número de suscriptores no afecta al número de colisiones ni la retransmisión de paquetes.

Como se mencionaba antes, el “nodo oculto” afecta la cobertura del IEEE 802.11 que trabaja mejor en ambientes internos o en soluciones punto a punto.

Las posibilidades en IEEE 802.16 para dedicar un cierto ancho de banda a un suscriptor en términos de TDMA, sin preocuparse sobre “nodos ocultos”, permite la introducción de antenas inteligentes. Una antena inteligente combina múltiples elementos con capacidad de procesamiento de señal y puede optimizar el diagrama de radiación de la antena automáticamente. El IEEE 802.16 permite técnicas avanzadas de antenas y esto hace posible un mejor planeamiento de las celdas.

IEEE 802.16 ha incluido también soporte para redes mesh. En redes mesh cada estación de suscriptor es también parte de la infraestructura de enrutamiento. IEEE 802.16 hace una modulación más inteligente y “adaptativa” que el IEEE 802.11 y permite la optimización de las tasas de datos para cada suscriptor, permitiendo a la estación base modificar los esquemas de

modulación enlace por enlace. Una estación suscriptora cercana a la estación base puede usar una modulación de alta tasa de datos como 64 QAM, mientras que una señal débil proveniente de una estación suscriptora más alejada tal vez pueda usar 16 QAM o QPSK. La modulación adaptativa incluida en el MAC de IEEE 802.16 también permite tener diferentes métodos de modulación para los enlaces descendentes y ascendentes.

9.2 Escalabilidad y rendimiento

Mientras que IEEE 802.11 tiene un canal fijo de ancho de banda de 20 MHz, IEEE 802.16 tiene la flexibilidad de asignar diferentes anchos de banda en cada canal de radio, desde canales de 1.5 MHz hasta un máximo de 20 MHz. La posibilidad de escoger diferentes anchos de banda permite la reutilización de frecuencias y un mejor planeamiento de las celdas. Mientras que el número de canales sin solaparse en IEEE 802.11b es de 3 y 5 en IEEEE 802.11a, el número de canales no solapados en IEEE 802.16 está limitado por el espectro total disponible.

En cuanto a la eficiencia espectral, IEEE 802.11 puede proveer un máximo de 2,4 bps/Hz. En los canales de 20 MHz esto implica un máximo de 54 Mbps. IEEE 802.16 permite un máximo teórico de 70 Mbps en un canal de 20 MHz. El nivel del rendimiento real dependerá de la existencia de línea de vista, distancia, interferencia y otros factores (se espera alcanzar rendimientos reales de 50 Mbps).

9.3 Calidad del servicio

IEEE 802.11 incluye calidad de servicio en el nuevo estándar IEEE 802.11e, y un subconjunto de este estándar conocido como “Wireless Multimedia, WMM” ya está disponible en ciertos productos.

Desafortunadamente IEEE 802.11e soportará solo una limitada priorización en una única conexión entre el punto de acceso IEEE 802.11 y la estación. En WMM, la QoS (Calidad de Servicio) se logra adjudicando un espacio entre tramas (IFS) más corto al tráfico multimedia.

IEEE 802.16 ha implementado QoS en base a cada flujo de datos, permitiendo que múltiples conexiones entre una estación suscriptora y una estación base puede tener diferentes niveles de

QoS.

La QoS en IEEE 802.16 se lograr por medio de sondeo. La estación base interroga a las estaciones suscriptoras para conceder las peticiones de ancho de banda y programación de trafico de acuerdo a sus requerimientos.

Dependiendo del tipo de tráfico, IEEE 802.16 soporta cuatro tipos de servicios:

1.**UGS** (Concesión de Servicio no Solicitada), diseñada para soportar aplicaciones de tasas de bits constantes, tales como emulación de T1 o E1 y voz sobre IP (VOIP) sin supresión de silencio.

2. **rtPS** (Servicio de Sondeo en tiempo real), para aplicaciones que generan paquetes periódicos de tamaño variable, como MPEG y VoIP con supresión de silencio.

3. **nrtPS** (Servicio de Sondeo en tiempo no real), que soporta aplicaciones como FTP que normalmente generan paquetes de tamaño variable.

4. **BES** (Servicio de Mejor Esfuerzo), para las aplicaciones de baja prioridad como navegación o correo electrónico.

10. Conclusiones

Podemos concluir que un estándar es importante tanto para los vendedores como para los consumidores. Los estándares aseguran la interoperabilidad entre productos e inspiran confianza a los consumidores. Adicionalmente promueven la competencia entre vendedores y favorecen el desarrollo.

Hemos aprendido que el IEEE es el principal cuerpo estandarizador para las TICs y responsable de estándares muy exitosos como IEEE 802.11 (Wireless LAN), IEEE 802.3 (Ethernet) y IEEE 802.16 (WiMAX). Esta unidad principalmente se enfoca sobre el IEEE 802.11 que es la familia de los estándares para “Ethernet Inalámbrica”. Presentamos cómo las diferentes enmiendas de IEEE 802.11 (b/a/g, etc.) difieren en las técnicas de modulación y rango de frecuencia y cómo esto afecta el rendimiento.

En una comparación entre WiFi y WiMAX podemos ver claramente los beneficos del nuevo estándar para banda ancha en término de cobertura, escalabilidad, rendimiento y calidad de servicio. Sin embargo, no debemos olvidarnos de las fuertes inversiones que requiere WiMAX y que debemos siempre considerar el propósito de la red cuando estemos en el planeamiento. Mientras que WiMAX

es adecuado para redes municipales, WiFi todavía trabaja muy bien en redes de baja escala, especialmente en zonas rurales.

Las 5 principales cuestiones para recordar de esta unidad pueden ser resumidas de la siguiente forma:

1. Un estándar asegura la interoperabilidad entre productos que lo acatan.
2. IEEE es el principal cuerpo de estandarizaciones de las tecnologías para información y sistemas para comunicaciones.
3. IEEE 802.11 (LAN Inalámbrica) es una familia de estándares para "Ethernet Inalámbrica".
4. Las diferencias entre las enmiendas IEEE 802.11 (b/a/g etc.) están en las técnicas de modulación yrango de frecuencia.
5. WiMAX (802.16) fue diseñado para ser un estándar inalámbrico de banda ancha para uso en exteriores mientras que WiFi (802.11) fue creado para ser una solución de uso interno construida sobre pequeñas celdas.

11. Recursos adicionales

11.1 En línea

http://standards.ieee.org/wireless/

La página web del IEEE sobre estándares inalámbricos. Desde 802.1 a 802.16 en detalle.

http://www.itu.int/osg/spu/newslog/categories/wirelessNetworks/

Sitio web de noticias de la ITU sobre estándares inalámbricos. (Las publicaciones no están disponibles a menos que se cuente con una suscripción).

http://www.linksys.com/edu/wirelessstandards.asp

Programa de entrenamiento de Linksys sobre estándares y tecnología wireless.

http://www.webopedia.com/quick_ref/WLANStandards.asp

Webopedia es una enciclopedia en línea sobre cuestiones generales y técnicas. Esta página es sobre estándares wireless.

Wimax Whitepaper, IEEE 802.16 PHY and MAC Overview, Wimax Forum

http://www.wimaxforum.org/news/downloads/WiMAXWhitepaper.pdf

IEEE 802.16 Medium Access Control and Service Provisioning, Govindan Nair et al, Intel

http://www.intel.com/technology/itj/2004/volume08issue03/art04_ieee80216mac/p03_maclayer.htm

WiMAX: WLL by the Numbers, Ray Horak, CommWeb, July 2005

http://www.commweb.com/trends/166403898

WiFi vs WiMAX, Daily Wireless, 2005

http://www.dailywireless.org/modules.php?name=News&file=article&sid=3311

Wireless Broadband and Beyond, Business Communications Review, Nov 2004

http://www.rednova.com/news/technology/106622/wimax_broadband_wireless_access_and_beyond/index.html

WiMax/802.16 Revealed,Tim Sanders, Wi-Fi Planet, September 2005

http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php/3550476

Temas varios relacionados:

http://www.eno.com/government/wimax_training_fundamentals.html

Outline of a Wireless Broadband Standards, Business Communication Review, Training

http://www.bcr.com/training/outlines/wln.php

http://www.ceditec.etsit.upm.es/InfTecnologia/wifi.pdf

Wifi: Nuevos estándares en evolución. Eduardo Fernández González, Enero 2007

11.2 Libros y Artículos

Wireless Hacks
100 Industrial-Strength Tips & Tools

Editor: O'REILLY

By Rob Flickenger
1st Edition September 2003

ISBN: 0-596-00559-8

802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide
Creating and Administering Wireless Networks

Editor: O'Reilly

By Matthew Gast
1st Edition April 2002
ISBN: 0-596-00183-5

12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollado para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica, bajo los siguientes términos:

- Atribución. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- No comercial. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- Licenciamiento Recíproco. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, sólo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 Abril 2007. Basado en el trabajo original de: Bruno Roger / ESMT. Traducido por Asociación Civil Nodo TAU.

Unidad 02



Estándares Inalámbricos

Desarrollado Por: Alberto Escudero Pascual, IT +46

Basado en el trabajo original de: Bruno Rogers

Objetivos



- Comprender el significado de estándar
- Conocer el trabajo del IEEE
- Comprender la estructura de los estándares del IEEE
- Comprender las diferencias técnicas entre las enmiendas de la familia IEEE 802.11
- Conocer las diferencias principales entre WiMAX y WiFi

Tabla de contenidos

- Estándares – Abiertos vs. Cerrados/Privativos
- UIT
- IEEE y sus Grupos de Trabajo
- IEEE 802.11 Herencia (WiFi)
- IEEE 802.11 Enmiendas (b, a, g,i, e, n)
- IEEE 802.16 (WiMAX)

¿Qué es un estándar?



"*Un sistema de reglas preestablecidas, condiciones, o requisitos referentes a definiciones de términos; clasificación de componentes; especificación de materiales, del funcionamiento, o de operaciones; delineación de procedimientos; o medidas de la cantidad y calidad en la descripción de materiales, productos, sistemas, servicios o prácticas*."

National Standards Policy Advisory Committee (US, 1978)

¿Por qué estandarizar?



- Vendedores
  - Confianza
  - Acceso al mercado global
- Consumidores
  - Interoperabilidad con otros productos
  - Seguridad, calidad, y consistencia
  - Independencia de un proveedor específico

IEEE



- Instituto de Ingenieros electrónicos y electricistas
- Organización sin fines de lucro, internacional, que organiza conferencias, publica revistas técnicas y desarrolla estándares:
  - Telecomunicaciones
  - Tecnologías de información
  - Generación de energía
  - Otros aspectos de interés para ingenieros

IEEE (i triple e)



- 900 estándares activos, 400 estándares bajo desarrollo
- Incluye estándares tales como Ethernet (IEEE 802.3) y redes Inalámbricas (IEEE 802.11), (IEEE 802.16), (IEEE 802.22)

IEEE 802 LAN/WAN



- Familia de estándares para redes LAN y MAN
- Restringido a las redes que transportan paquetes de tamaño variable
- Se relaciona con las dos capas más bajas del modelo de OSI: Capa física y capa de enlace
- Incluye IEEE 802.11 (LAN Inalámbrica) y IEEE 802.16 (WMAN- MAN Inalámbrica-)

IEEE 802.11



- El estándar para “Ethernet Inalámbrico”
- Por definición:
  - Usa CSMA/CA como método de acceso
  - 2 tasas de datos (1 y 2 Mbps)
  - Rango de frecuencia: Infrarrojo (IR) o 2,4 GHz.
- Sólo tiene interés histórico, ya que ha sido superado por 802.11b

Nombres del IEEE 802.11



- Wi-Fi
  - Una marca de fábrica de la alianza Wi-Fi que garantiza la interoperabilidad de los productos de diferentes fabricantes
  - Utilizado actualmente para 802.11 como Ethernet se utiliza para 802.3
- LAN Inalámbrica, WLAN
  - Utilizado generalmente para cualquier red de área local Inalámbrica

Nomenclatura IEEE 802.11



- IEEE 802.11x
  - Manera de referirse al grupo entero de estándares IEEE 802.11
  - No tiene nada que ver con al estándar IEEE 802.1x de seguridad, referido a control de acceso basado en puertos.
- Evitar el uso de IEEE 802.11x

Aspectos Técnicos de IEEE 802.11



- Capa Física (L1)
  - Técnicas de Modulación
  - Rango de Frecuencias
- Capa de enlace (L2)
  - Control de Acceso al Medio

Técnicas de Modulación



- La velocidad de transmisión (tasa de bits) depende de la técnica de modulación
- Cuanto más eficientemente se codifican los datos, mayor la velocidad de transmisión, pero se requiere una mejor relación S/N.

Técnicas de Modulación



- Una técnica eficiente de la modulación requiere un hardware más sofisticado para poder manejar la modulación y la demodulación de datos
- Las técnicas avanzadas de modulación son más resistentes a ciertas interferencias que las más simples

Técnicas de Modulación



- FHSS
  - La frecuencia portadora salta a diferentes valores según una secuencia seudoaleatoria
- DSSS
  - Cada bit se transmite como una secuencia seudoaleatoria de 11 “chips”
- OFDM
  - Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales. Se transmiten varias señales al mismo tiempo sobre diferentes frecuencias

Rango de Frecuencia



- ISM (Industrial, Científica y Médica) banda de frecuencia disponible sin requerimientos de licencia en la mayoría de los países de 2,4 a 2,4835 GHz Usada en 802.11b/g
- UNII (Unlicensed-National Information Infrastructure) 5 GHz con tres sub-bandas
  - Usada por la 802.11a

Rango de Frecuencia



- 2,4 GHz es muy “ruidosa” debido a su gran popularidad
  - WLAN
  - Teléfonos inalámbricos
  - Dispositivos Bluetooth

Rango de Frecuencia



- 5GHz implica menor interferencia PERO
  - Mayores pérdidas de propagación (pérdidas geométricas y absorción por lluvia, edificios, humanos)
  - Celdas pequeñas.
  - Menores requerimientos para despeje de la primera zona de Fresnel

Métodos de acceso al Medio



- 802.11 usa CSMA/CA, Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance
  - Evita colisiones ya que no puede detectarlas como lo hace Ethernet
  - Mayor tara, es decir uso menos eficiente del ancho de banda disponible

Métodos de Acceso al Medio



- CSMA/CA evita las colisiones introduciendo una demora aleatoria antes de intentar hacer uso del canal, conocida como IFS.
- Cada paquete recibido debe ser reconocido mediante el envío de un ACK al transmisor
  - Puede reservar el uso del canal mediante RTS / CTS

Enmiendas de IEEE 802.11



- Las más extensamente utilizadas son 802.11b/a/g y ahora n
- Otras enmiendas son 802.11e/f/h/i/k/
  - Actualizaciones, extensiones o correcciones

IEEE 802.11b



- Frecuencia: 2,4 GHz
- Técnica de Modulación: DSSS+CCK
- Tasa máxima de datos: 11 Mbps
- Selección adaptativa de tasas: 11, 5.5, 2, 1 Mbps

IEEE 802.11a



- Frecuencia: 5 GHz
- Técnica de Modulación: OFDM
- Tasa máxima de datos: 54 Mbit/s
- Selección adaptativa de tasas(54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 , 6 Mbit/s)
- 12 canales no solapados
  - 8 dedicados para el uso en interiores y 4 para exteriores

IEEE 802.11a



- Incompatibilidad con productos IEEE 802.11b
- Se popularizó después del gran éxito de 802.11b
  - Hoy en día se consiguen dispositivos multiestándar a bajo precio
  - Regulaciones con respecto a la banda de 5 GHz

IEEE 802.11g



- Frecuencia: 2,4 GHz
- Técnica de Modulación: OFDM+CCK + DSSS
- Tasa máxima de datos: 54Mbps
- Compatibilidad con 802.11b

IEEE 802.11n



- Tasa máxima de datos: 540 Mbit/s
- MIMO (múltiple entrada múltiple salida)
  - Múltiples transmisores y múltiples receptores
  - Aumenta el rendimiento neto (tasa de transmisión efectiva) aprovechando la multitrayectoria
  - Usa ecos y fragmentos de la propagación multidireccional para mejorar la señal principal.

IEEE 802.11n

- SDM – Space Diversity Multiplexing-, Multiplexaje por División de Espacio
  - Varios transmisores para la misma secuencia de datos se envían dentro de la misma banda de frecuencias
  - Incremento del rendimiento y de latolerancia a los errores

IEEE 802.11e



- Su objetivo es introducir nuevos mecanismos a nivel de la capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de QoS (Quality of Service)
- Emplea una nueva técnica llamada HCF (Hybrid Coordination Function), que define dos formas de acceder al canal, EDCA y HCCA

IEEE 802.11i



- Dirigido a batir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación,
- Se implementa un subconjunto de este estándar en WPA y totalmente en WPA2.

WiMAX vs WiFi



- ¿El futuro estándar inalámbrico para banda ancha?
- Solución para exteriores PtMP

… Cobertura y Rango

IEEE 802.11 (WiFi)	IEEE 802.16 (WiMAX)
• Solución para interiores PtMP • Celdas pequeñas (<100m) • Problema del nodo oculto (CSMA/CA) • Técnica simple de modulación (64 subportadoras) en a/g	• Solución para exteriores PtMP • Celdas grandes (7-10 kms) • Enlaces de larga distancia (50 kms) • Sin problema del nodo oculto (DAMA-TDMA) • Técnica compleja de modulación, 256 subportadoras

… Escalabilidad y Rendimiento

IEEE 802.11 (WiFi)	IEEE 802.16 (WiMAX)
• Canal de ancho de banda fijo (20 MHz) • Pocos canales no solapados (3-4) en 2,4 GH • Tasa máxima de datos 54 Mbps.	• Canal de ancho de banda flexible (1,5-20 MHz) • Muchos canales no solapables (depende del ancho de banda de cada canal) • Tasa máxima de datos 70 Mbps en canales de 20 MHz.

… Calidad de servicio



IEEE 802.11 (WiFi)	IEEE 802.16 (WiMAX)
• QoS solo soportado por 802.11e • Priorización limitada a una sola conexión • Una sola política de QoS para todas las conexiones en un mismo AP	• Alcanzado por sondeo (“polling”) Cuatro tipos de calidad de servicio: ✔ Servicio de concesión no solicitada (UGS -Unsolicited Grant Service-) ✔ Servicio de sondeo en tiempo real (rtPS – real time Poll Service-) ✔ Servicio de sondeo en tiempo no real (nrtPS) ✔ Servicio de mejor esfuerzo (BES – Best Effort-)

Conclusiones



- Un estándar favorece la interoperabilidad
- IEEE es el principal cuerpo estandarizador de TIC
- IEEE 802.11 (LAN Inalámbrica) es una familia de estándares para “Ethernet Inalámbrico”

Conclusiones



- Las enmiendas (b/a/g etc.) del IEEE 802.11 difieren en técnicas de modulación, gama de frecuencia pero comparten el mismo método de acceso al medio
- WiMAX (802.16) fue diseñado para redes metropolitanas en exteriores mientras que WiFi (802.11) fue creado como una solución para interiores.



Unidad 03: Introducción a la Física de la Radio

Desarrollado por: *Sebastian Buettrich, wire.less.dk*
Editado por: *Alberto Escudero Pascual, IT +46*
Traducción de LaNeta

Tabla de contenido

1.1 Información sobre propiedad intelectual..... 2
1.2 Grado de dificultad..... 2
1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. Campos y ondas electromagnéticas..... 3
3.1 Características de las ondas electromagnéticas..... 3
3.1.1 Los campos eléctrico y magnético..... 3
3.1.2 Medio de transporte..... 4
3.1.3 Longitud de onda y frecuencia..... 4
4. Polarización..... 5
5. Radiación de un dipolo..... 6
6. El espectro electromagnético..... 7
6.1 Las frecuencias de las redes inalámbricas..... 7
7. Propagación de ondas electromagnéticas..... 8
7.1 Absorción..... 9
7.2 Reflexión..... 9
7.3 Difracción..... 11
7.4 Refracción..... 12
7.5 Interferencia..... 12
8. Efectos dependientes de la frecuencia..... 13
9. Propagación radial en espacio libre..... 13
9.1 Pérdida de espacio libre (FSL)..... 14
9.2 Zonas de Fresnel..... 15
9.3 Línea de vista..... 16
9.4 Multitrayectoria..... 16
10. Cuando la física hace una diferencia..... 17
11. Conclusiones..... 18
11.1Recursos adicionales..... 19
12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 20

Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico” con algunas secciones “avanzadas” adicionales. Todas las secciones “avanzadas” están dentro de un recuadro de fondo gris, para que el lector tenga conciencia del mayor grado de dificultad.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Esta unidad busca dar al lector un panorama sobre física de las ondas de radio, como un conocimiento básico necesario para avanzar en el estudio del tema de las comunicaciones inalámbricas.

Específicamente, aborda los principios básicos de las ondas en las comunicaciones de datos inalámbricas.

La unidad nos introduce a la esencia de los campos electromagnéticos y sus características. Se presentan brevemente los conceptos de electromagnetismo, absorción, reflexión, difracción, refracción e interferencia. Se discute el tema de la propagación en espacio libre junto con los conceptos de pérdida en el espacio libre, zonas de Fresnel, línea de vista y trayectoria múltiple. Finalmente, se presenta un conjunto de ejemplos y buenos consejos para superar algunos problemas que puedan surgir.

3. Campos y ondas electromagnéticas

La radiación electromagnética, conocida también como onda electromagnética, es una onda que se propaga en el espacio con componentes eléctricos y magnéticos Los componentes eléctricos y magnéticos oscilan perpendiculares uno respecto al otro y en dirección a la línea de propagación. Ver figura 1.

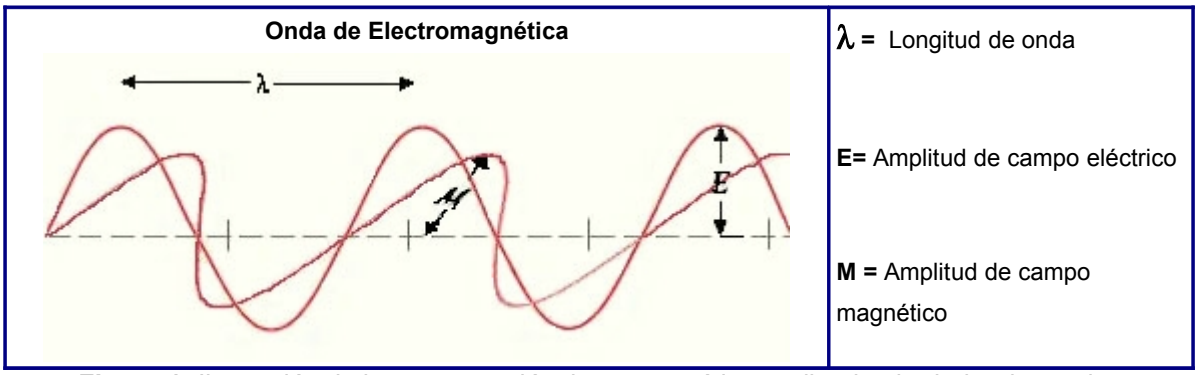


Figura 1: Ilustración de los campos eléctrico y magnético oscilando alrededor de su eje, perpendiculares entre sí y en dirección a la línea de propagación. Fuente:Wikipedia.org

3.1 Características de las ondas electromagnéticas

Se describen a continuación algunas de las características de las ondas electromagnéticas.

3.1.1 Los campos eléctrico y magnético

Las fuerzas electromagnéticas actúan entre cargas y corrientes eléctricas. Para cada punto en el espacio, un campo electromagnético (la fuerza experimentada por una carga o corriente en cualquier

punto) puede ser definido y medido. El campo eléctrico **E** describe la fuerza entre cargas y el campo magnético **H** describe las fuerzas entre corrientes.

3.1.2 Medio de transporte

Una cualidad de las ondas electromagnéticas es que no necesitan un medio de transporte. No hace falta aire u otra cosa para que se propaguen, a diferencia del sonido, que es propagado mediante la presión del aire, y por ende necesita aire como medio de transporte.

La luz, los rayos x, las microondas y otras ondas de radio constituyen ejemplos de ondas electromagnéticas.

3.1.3 Longitud de onda y frecuencia

Una onda electromagnética, como cualquier onda, tiene como forma básica una sinusoide, con valles y crestas. La longitud de onda es la distancia entre dos crestas (o valles) consecutivos y se mide en metros.

La longitud de onda se representa con la letra griega λ (lambda).

La frecuencia de una onda es el ritmo de oscilación y se mide en hertz. (Hz). La unidad de frecuencia corresponde a una oscilación por segundo (1/s).

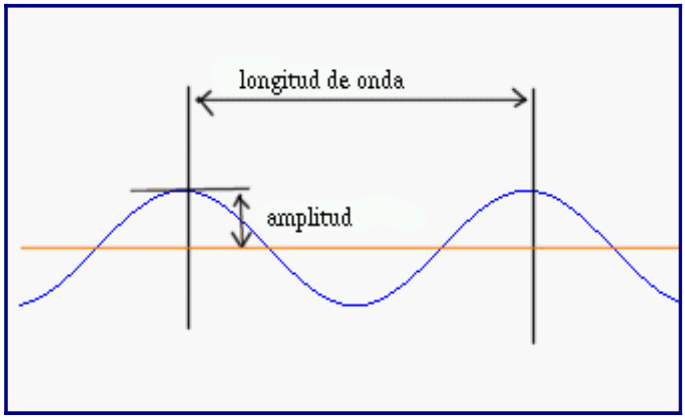


Figura 2: Características de las ondas electromagnéticas

La frecuencia y la longitud de onda tienen la siguiente relación:

$$c = \lambda * f$$

donde:

c = la velocidad de la luz [m/s] ($3x10^8$ m/s = 300.000 km/s en el vacío)

λ = longitud de onda [m]

f = frecuencia* [1/s] (Hz)

(*) a la frecuencia también se la denomina con la letra griega ν (Nu)

De esta manera, una onda electromagnética con una frecuencia de 2,4 GHz tiene una longitud de onda de 12,5 cm.

Toda onda electromagnética (incluyendo la luz o una señal de radio) viaja a la velocidad de la luz, por lo que necesita 1.3 segundos para recorrer la distancia entre la luna y la tierra, 8 minutos desde el sol y 300 micro segundos para recorrer 100 km.

A continuación se ve un repaso de las notaciones de "potencias de 10", las cuales son usadas en todo tipo de unidades, ej. micrómetro, kilohertz y megabytes.

Prefijo	***Cantidad***		***Símbolo***
Nano	10^{-9}	1/ 1,000,000,000	n
Micro	10^{-6}	1/1,000,000	μ
Mili	10^{-3}	1/1,000	m
Centi	10^{-2}	1/100	c
Kilo	10^{3}	1,000	k
Mega	10^{6}	1,000,000	M
Giga	10^{9}	1,000,000,000	G

Tabla 1: Prefijos y símbolos de "potencias de diez"

4. Polarización

La polarización es la dirección el campo eléctrico en una onda que se propaga. La polarización puede ser Lineal, Elíptica y Circular.

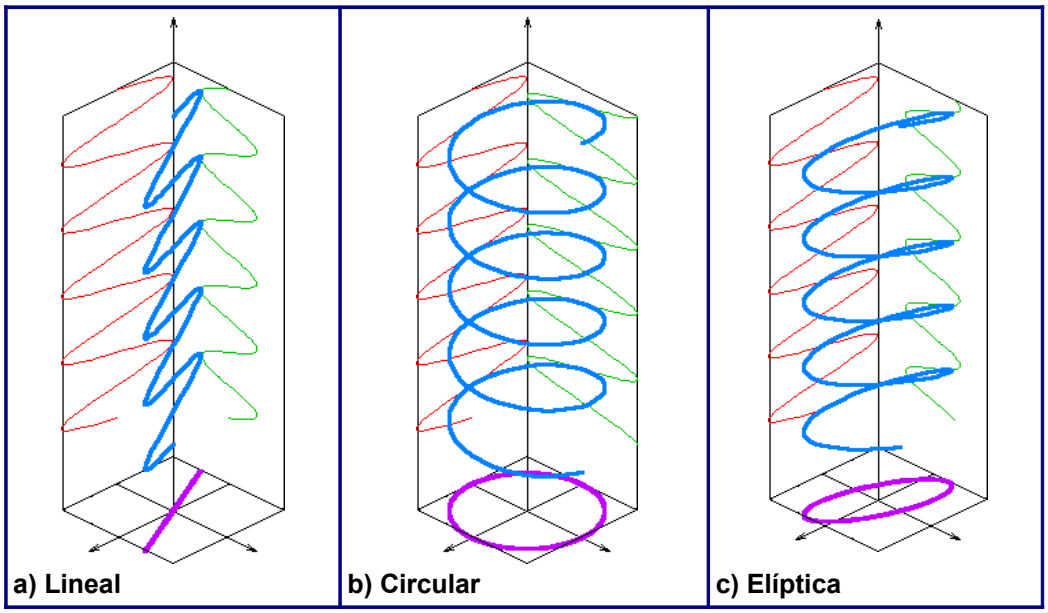


Figura 3: Polarización de la onda

5. Radiación de un dipolo

La radiación de un dipolo es el campo electromagnético producto del sistema de electrones en movimiento oscilatorio en un conductor lineal, o sea un alambre recto. Es una de las formas más simples de una antena; la antena de dipolo.

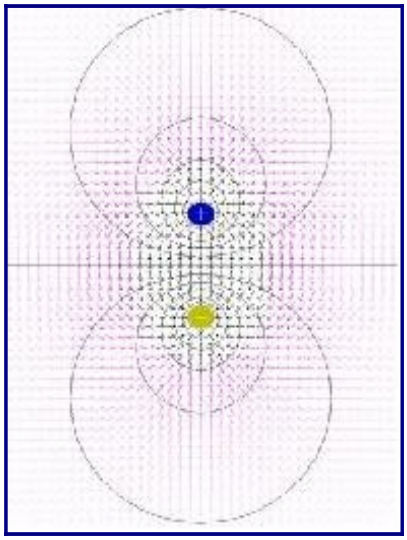


Figura 4: Radiación de dipolo

6. El espectro electromagnético

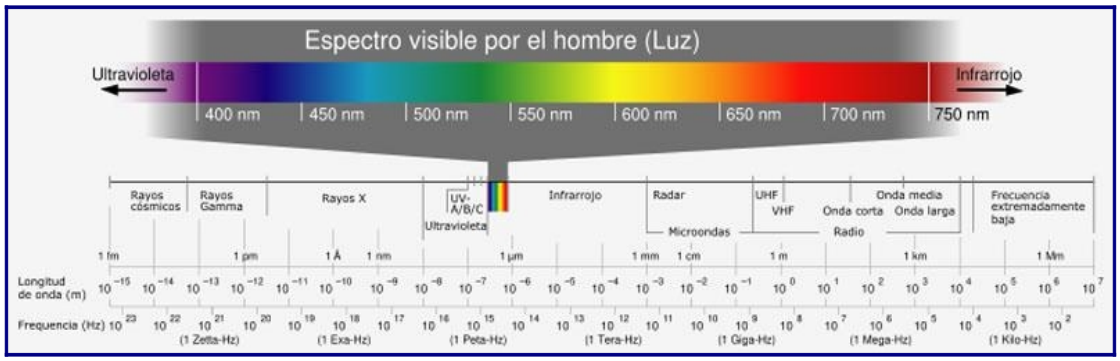


Figura 5: El espectro electromagnético. Fuente: Wikipedia.org

6.1 Las frecuencias de las redes inalámbricas

En el contexto de las redes inalámbricas, nos enfocamos en las bandas industriales, científicas y médicas, libre de licencias (ISM, por su versión en inglés), en:

Frecuencia	*Estándar*	*Longitud de Onda*
2,4 GHz	802.11 b/g	12,5 cm
5, x GHz	802.11a	5-6 cm

Tabla 2: Frecuencias y longitud de onda en las redes inalámbricas

Las dos figuras siguientes (6 y 7) dan una idea del espectro electromagnético y su uso en diferentes valores de longitud de onda.

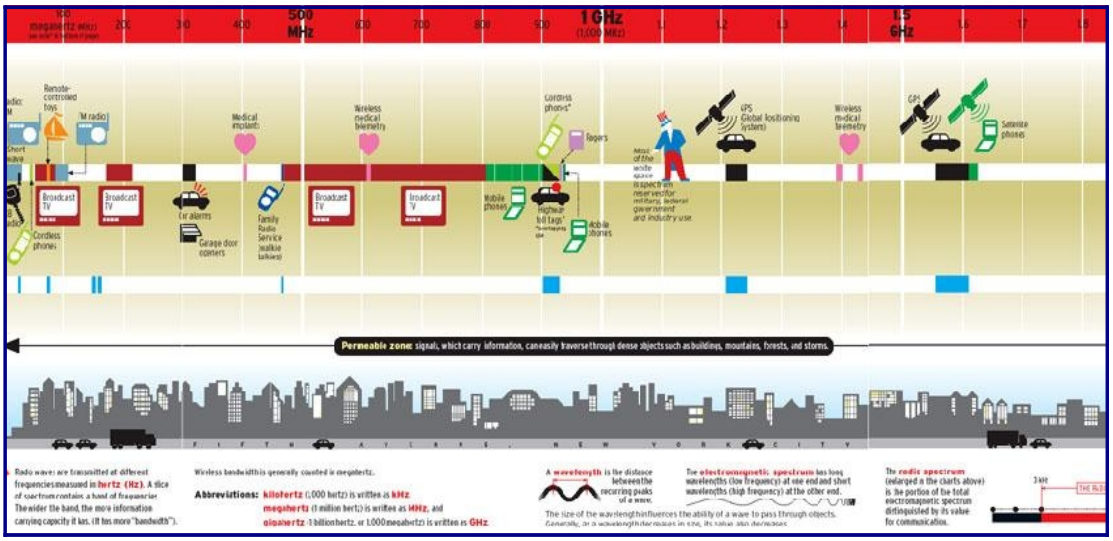


Figura 6: El uso del campo electromagnético entre 500 MHz to 1.5 GHz.

Fuente: The Citizens Guide to the Airwaves, New America Foundation. http://newamerica.net

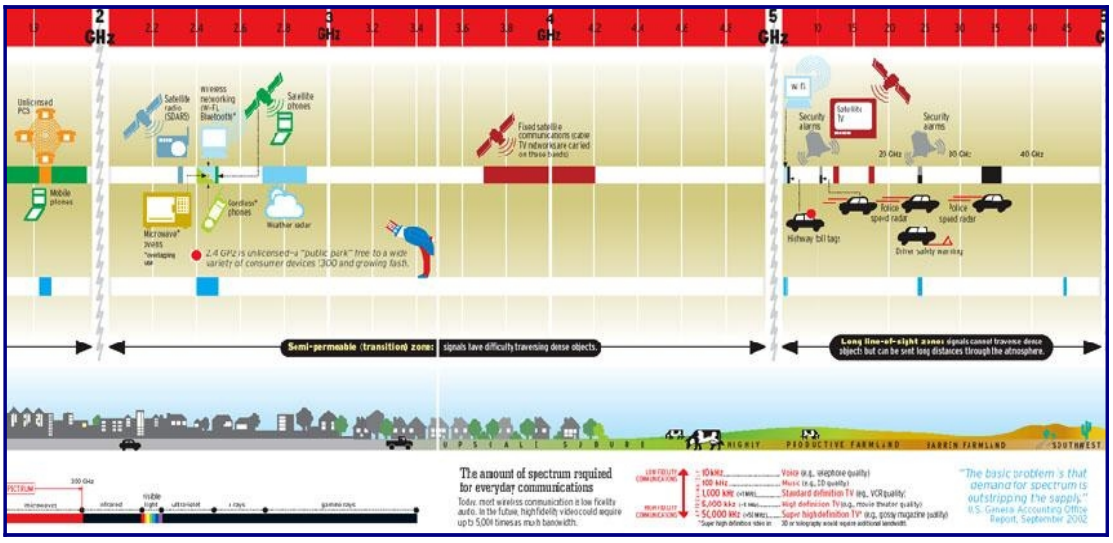


Figura 7: El uso del campo electromagnético entre 2 GHz y 5 GHz.

Fuente: The Citizens Guide to the Airwaves, New America Foundation. http://newamerica.net

7. Propagación de ondas electromagnéticas

Un principio importante cuando se trata de entender la propagación de ondas electromagnéticas, y por ende de ondas de radio, es el ***principio de Huygens*****,** el cual en su forma simplificada puede ser formulado como:



"En cualquier punto de un frente de onda, se puede considerar que se origina un nuevo frente de onda esférico".

Si sumamos las ondas esféricas de un frente de onda, entendemos por qué un frente de onda no perturbado viaja como una sola pieza. El principio de Huygens también explica por qué la luz (ondas de radio, o cualquier onda electromagnética) no siempre viaja en línea recta.

Las ondas electromagnéticas están están sometidas a una serie de efectos: ***Absorción, Reflexión, Difracción, Refracción e Interferencia.***

7.1 Absorción

Las ondas de radio, de cualquier clase, son atenuadas o debilitadas mediante la transferencia de energía al medio en el cual viajan cuando éste no es el vacío.

La potencia de la onda decrece exponencialmente en el medio, correspondiendo a un decrecimiento lineal en dB (ver cálculo del presupuesto de enlaces con dB).

Normalmente, un coeficiente de absorción (en dB/m) se usa para describir el impacto del medio en la radiación, de manera cuantitativa.

En general, encontramos una fuerte absorción en los materiales conductores, sobre todo en metales. El otro material absorbente para las ondas, en las frecuencias relevantes a las redes inalámbricas, (rango de microondas) es el agua en todas sus formas (lluvia, neblina, y la contenida en el cuerpo humano).

Encontramos absorción intermedia en rocas, ladrillos y concreto, dependiendo de lla composición de los materiales. Lo mismo funciona para la madera, árboles y otros materiales; su comportamiento es fundamentalmente determinado por su concentración de agua.

En el contexto de la absorción de las ondas de radio, los seres humanos y muchos animales pueden ser vistos como recipientes de agua, en consecuencia como materiales absorbentes prominentes.

7.2 Reflexión

Todos conocemos la reflexión de las ondas visibles en espejos o superficies de agua. Para la radio frecuencia, la reflexión ocurre principalmente en el metal, pero también en superficies de agua y otros

materiales con propiedades similares. El principio básico de la reflexión es que una onda se refleja con el mismo ángulo con el que impacta una superficie.

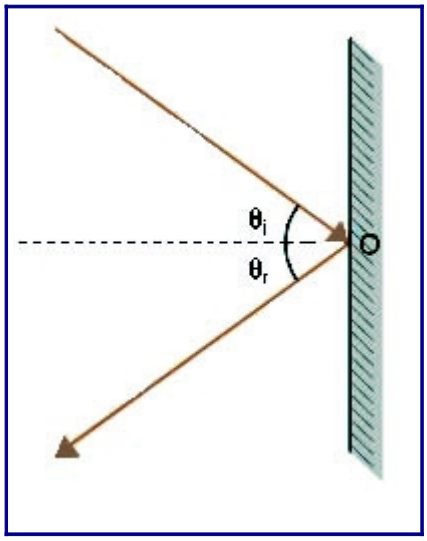


Figura 8: Reflexión de una onda, con el mismo ángulo de incidencia.

Dos casos importantes de reflexión: en una superficie plana (figura 9) y en una superficie parabólica (figura 10).

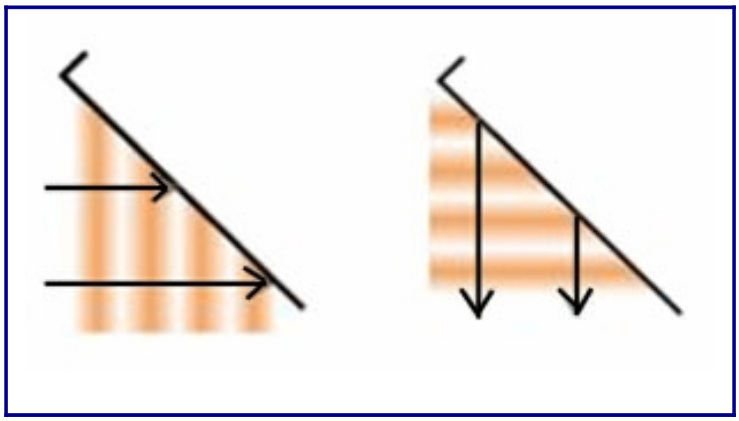


Figura 9: Reflexión en un plano

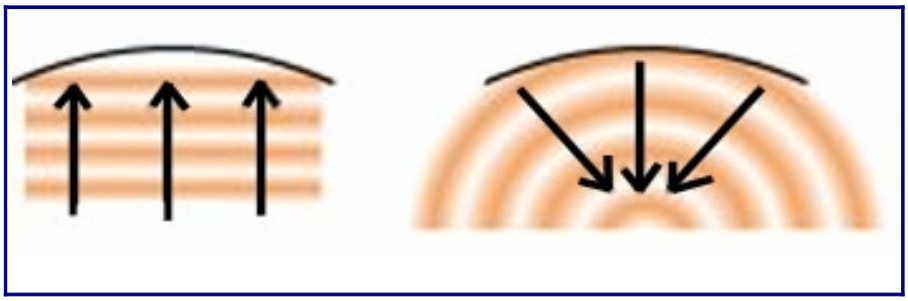


Figura 10: Reflexión en una parábola

7.3 Difracción

La difracción es un fenómeno basado en el hecho de que las ondas no se propagan en una sola dirección. Ocurre cuando las ondas encuentran un obstáculo en su trayectoria y divergen en muchos haces. La difracción implica que las ondas pueden "dar la vuelta" en una esquina, como se ilustra en la figura 11.

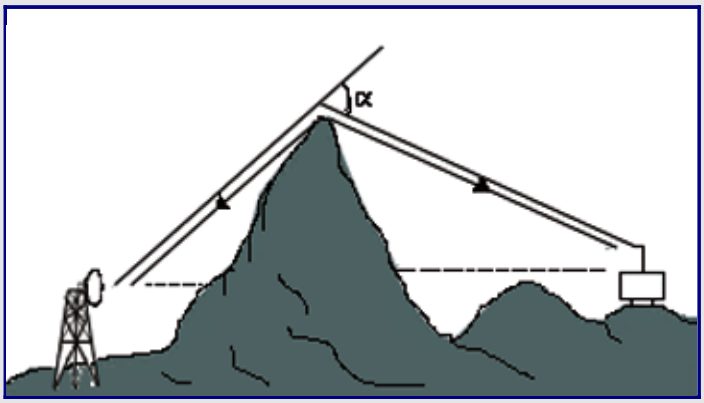


Figura 11: Difracción de una onda electromagnética

La difracción es una consecuencia directa del principio de Huygens, y se incrementa en función de la longitud de onda. Esto significa que puede esperarse que las trayectorias de las ondas se aparten de la rectilínea más fácilmente a medida que se incrementa la longitud de onda.

Esa es la razón por la cual una estación de radio AM que opera a 1000 kHz (con una longitud de onda de 300 m) se oye fácilmente aún cuando haya considerables obstáculos en su trayecto, mientras que con redes inalámbricas (con una longitud de onda de 12 cm) se requiere una línea de vista entre transmisor y receptor.

7.4 Refracción

La refracción es la desviación aparente de las ondas cuando encuentran un medio con composición diferente. Cuando un frente de onda pasa de un medio a otro diferente, cambia de velocidad y en consecuencia, de dirección (figura 12)

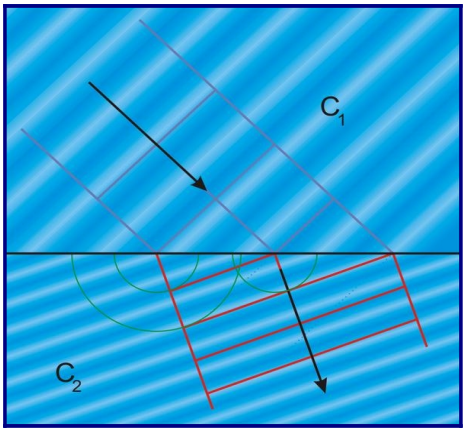


Figura 12: Refracción de ondas

Las líneas azules representan el frente de onda entrante mientras que las rojas representan lel frente de ondas desviadas por la refracción. **C_1** es un medio con una velocidad de propagación mayor a **C_2.** El ángulo que forman ambos frentes de onda depende de la composición del material del obstáculo **(C_2)**.

7.5 Interferencia

Las ondas con una misma frecuencia y una relación de fase (posición relativa de las ondas) constante pueden anularse entre sí, de manera de la suma de una onda con otra puede resultar en cero.

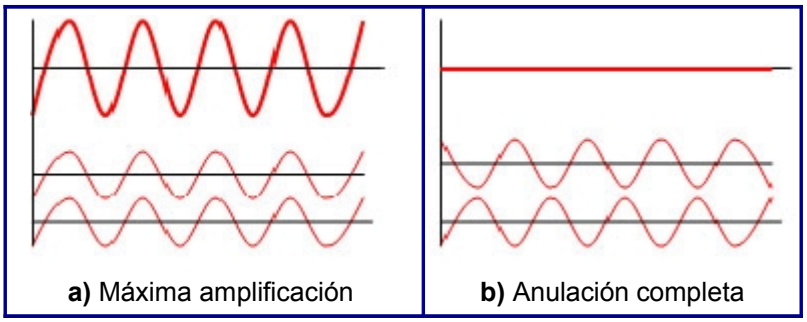


Figura 13: Interferencia

Para que esto ocurra en su forma más pura (anulación máxima o amplificación completa), las ondas deben tener exactamente la misma longitud de onda y energía, y una relación de fase específica y constante.

En tecnología inalámbrica, la palabra interferencia se usa típicamente en un sentido más amplio, como perturbación debido a otras emisiones de radio frecuencia.

8. Efectos dependientes de la frecuencia

Estos efectos están presentes en mayor o menor grado dependiendo de la frecuencia de la onda. Las fórmulas para medir estos efectos son complejas por naturaleza (por ejemplo cuando se busca una absorción por resonancia).



Sin embargo algunas reglas básicas resultan muy útiles para entender y planear la propagación de señales de radio:

- Con frecuencias más bajas, el alcance es mejor.
- Con frecuencias más bajas, la señal es más penetrante y rodea más obstáculos.
- Con frecuencias más altas, se trasmite una mayor cantidad de datos.

9. Propagación radial en espacio libre

En la sección siguiente damos una mirada más cercana a cuatro efectos y conceptos relevantes en la propagación de señales de radio:

1. Pérdida en espacio libre (FSL, por sus siglas en inglés): el hecho de que una onda de radio pierde potencia incluso en una línea recta en el vacío, simplemente porque se esparce sobre una mayor región en el espacio a medida que se aleja del transmisor.
2. Zonas de Fresnel: el hecho de que las ondas de radio viajan en una amplia zona en forma de cigarro, más que en una simple línea recta.
3. Línea de vista: como se define para ondas de radio, algo diferente que para lka luz.
4. Efecto de trayectoria múltiple; el hecho de que una señal puede encontrar varias vías para llegar a un receptor.

Nótese que, en buena medida, todos estos conceptos pueden ser comprendidos aplicando el principio de Huygens.

9.1 Pérdida de espacio libre (FSL)

La potencia de una señal de radio se atenúa en el vacío o en el aire. La pérdida de espacio libre mide la dispersión de la potencia en un espacio libre sin obstáculo alguno a medida que la onda se esparce sobre una superficie mayor. La señal de radio se debilita mientras se expande en una superficie esférica.

La pérdida de potencia de las ondas electromagnéticas en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia.

La atenuación en el espacio libre medida decibeles (dB), viene dada por:

$$\mathbf{FSL(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

d = distancia

f = frecuencia

K =constante que depende de las unidades usadas para d y f

Si **d** se mide en metros, **f** en Hz, la fórmula queda:

$$\mathbf{FSL(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187{,}5$$

Como regla práctica, en una red inalámbrica de 2,4 GHz, se pierden 100 dB en el primer kilómetro y se reduce en 6 dB cada vez que se duplica esa distancia. Un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB, mientras que en 4 km es de de 112 dB.

Si expresamos la distancia en kilómetros y la frecuencia en GHz la fórmula es:

$$\mathbf{FSL(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92{,}4$$

9.2 Zonas de Fresnel

Recordando el principio de Huygens, es fácil ver que los puntos que no están en el eje directo entre **A** y **B** también radían alguna potencia hacia el punto **B.**

Un análisis detallado toma en cuenta la interferencia entre todas las ondas. Aunque este análisis va más allá del alcance de esta unidad, nos presenta el concepto de la primera zona de Fresnel, que debe mantenerse libre de obstáculos para poder transmitir la máxima potencia desde A a B.

Si existen obstáculos dentro de la zona de Fresnel, éstos introducirán pérdidas de obstrucción. Recuérdese que la primera zona de Fresnel es un volumen alrededor de la linea recta que une el transmisor con el receptor, por lo que hay que tener en cuenta los obstáculos por debajo pero tambíen a los lados.

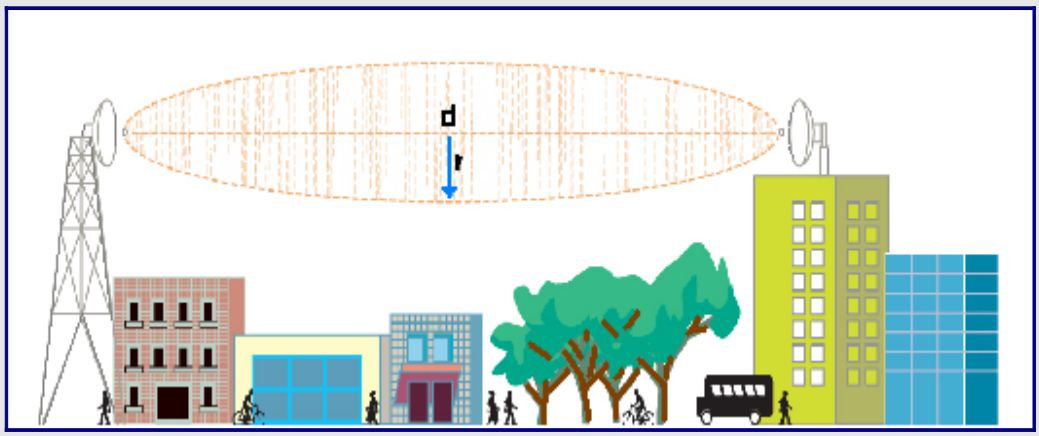


Figura 14: Zona de Fresnel

La fórmula para el radio máximo de la primera zona de Fresnel es:

$$r = 17{,}32 * \sqrt{(d / 4f)}$$

d = distancia [km]

f = frecuencia [Ghz]

r = radio [m]

Un enlace de radio de 9.6 km requerirá una zona libre de obstáculos en un radio de **r=17,32**

metros bajo la línea de vista.

En la práctica nos conformamos con librar sólo el 60% de la primera zona de Fresnel, por lo que en el caso anterior es suficiente despejar una zona de 10,4 m en el punto medio de la trayectoria, y menos aún en los extremos. En realidad es necesario comprobar el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel a lo largo de toda la trayectoria de propagación, pero la mejor manera de hacerlo es utilizando programas que tomen en cuenta la elevación del terreno, como el Radio Mobile, que se describe ne la unidad de simulación de redes.

9.3 Línea de vista

Para la luz visible, la línea de vista es un concepto fácil de entender y comprobar. Sin embargo, las cosas son un poco más complejas para los enlaces de radio debido a que no son visibles a nuestros ojos. En general, se necesita tener una línea visual (óptica) para un radio enlace. Adicionalmente, es necesario un “poco de espacio alrededor”, definido por las Zonas de Fresnel. Ver figura 15.

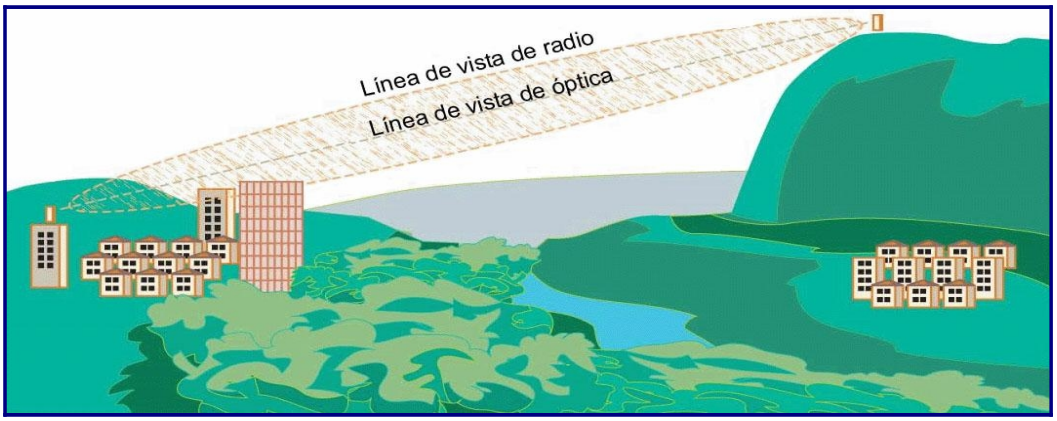


Figura 15: Línea de vista (radio) vs. línea visual (óptica)

9.4 Multitrayectoria

Una onda de radio puede llegar al receptor a través de m';ultiples taryectorias por reflexión. Los retrasos, la interferencia y la modificación parcial de las señales pueden causar problemas en la recepción.

Sin embargo, los efectos de trayectoria múltiple no son todos malos y a veces es posible aprovecharlos para superar los limites de la línea de vista cuando se dispone de suficiente potencia. Un enlace sin línea de vista puede ser posible con tecnologías inalámbricas suficientemente robustas frente a los efectos de trayectoria múltiple, que permitan contribuir a la transmisión de señales. (Ver Estándares Inalámbricos: MIMO IEEE 802.11n)

10. Cuando la física hace una diferencia

Concluyendo de las secciones anteriores, vamos a dar una mirada a algunos casos prácticos de redes inalámbricas donde entender física realmente importa.

Cuando un punto de acceso es colocado bajo un escritorio

- Las oficinas típicamente ofrecen un ambiente de múltiples trayectoria y muchos objetos problemáticos como personas y objetos metálicos (computadoras, radiadores, escritorios).
- Entonces, la elección del lugar y la antena es esencial.

Cuando el invierno deviene en primavera

- Independientemente de las zonas climáticas, los factores como la vegetación, humedad y lluvia cambian con las estaciones.
- Los árboles secos son transparentes, pero los árboles con hojas, no.

Durante las horas pico en la ciudad

- Las personas consisten en 60% de agua, la absorción es un problema.
- Las condiciones cambian con el tiempo (gente, vehículos, interferencias electromagnéticas).
- Se debe verificar el lunes lo que se midió el domingo.

Para enlaces de muy larga distancia

- Para los enlaces de larga distancia, el tiempo de recorrido de la señal puede llevar a fallas por tiempo de espera excesivo y bajo desempeño.
- Dependiendo del hardware, esto puede ser relevante en un enlace de 1-2 km.
- Con enlaces de 100 km es definitivamente un factor a considerar.

- Un indicador típico de problemas de tiempo de espera es un índice alto de pérdidas de paquetes, aunque se tenga una señal de buena potencia.

Cuando hay que diferenciar la propaganda comercial de la verdad

- Una antena o transmisor no tiene una distancia específica o radio de alcance.
- La ganancia de una antena o la potencia de transmisión de un dispositivo de radio son los datos relevantes.
- Más allá de la promesa de WiMAX de enlaces sin línea de vista, las microondas aún no atraviesan materiales absorbentes.
- Para las ondas de radio, sin embargo, nada ha cambiado. Una pared es aún una pared.
- Las técnicas de modulación logran protocolos más robustos en ambientes de trayectoria múltiple y de mucha reflexión (ej. áreas urbanas) que permiten "dar vuelta a la esquina".

11. Conclusiones

Hemos aprendido que la familiaridad con algunos conceptos de física de la radio puede ser muy útil cuando trabajamos con redes inalámbricas. Este conocimiento no sólo nos ayuda a entender cómo trabaja el equipo de radio, sino que nos hace consciente de las implicaciones de las condiciones físicas en nuestro entorno que pueden afectar el desempeño de la red.

Los cinco temas principales a recordar en esta unidad puedes ser resumidos así:

1. El medio de transporte en las redes inalámbricas son ondas electromagnéticas en el rango de los GHz.
2. Las ondas electromagnéticas son afectadas por:
    - Atenuación
    - Absorción
    - Reflexión
    - Difracción
    - Refracción
    - Interferencia

3. Es imprescindible tomar en cuenta estos efectos para construir redes inalámbricas que funcionen.
4. La propagación de ondas de radio en espacios libres es afectada por los siguientes factores: la
    - Pérdida en espacio libre
    - Zona de Fresnel
    - Efecto de trayectoria múltiple
5. Las condiciones en el entorno cambian constantemente. Los cambios pueden ser invisibles al ojo humano, pero no a las ondas de radio.

11.1Recursos adicionales

General

wikipedia

wikipedia.org

http://es.wikipedia.org

Para todos los tópicos básicos sobre física, la wikipedia es un excelente punto de partida.

Otras lecturas pueden ser:

http://es.wikipedia.org/wiki/Electromagnetismo

http://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaciones_de_Maxwell

http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica

Vibraciones y Ondas

http://www.sociedadelainformacion.com/departfqtobarra/ondas/index.htm

Ejemplos interactivos sobre la física de las ondas.

Calculadora para la Zona de Fresnel

http://www.e-advento.com/cgi-bin/fresnel.main.cgi

12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de éste, sólo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 Abril 2007. Editado por Alberto Escudero Pascual IT, +46. Traducido por LaNeta.

Unidad 03



Física de la Radio

Desarrollada por: Sebastian Büttrich y AEP
Editada por: Ermanno Pietrosemoli

Objetivos



- Comprender las ondas electromagnéticas usadas en redes inalámbricas
- Comprender los principios básicos de su comportamiento
- Aplicar este conocimiento a situaciones de la vida real

Contenidos



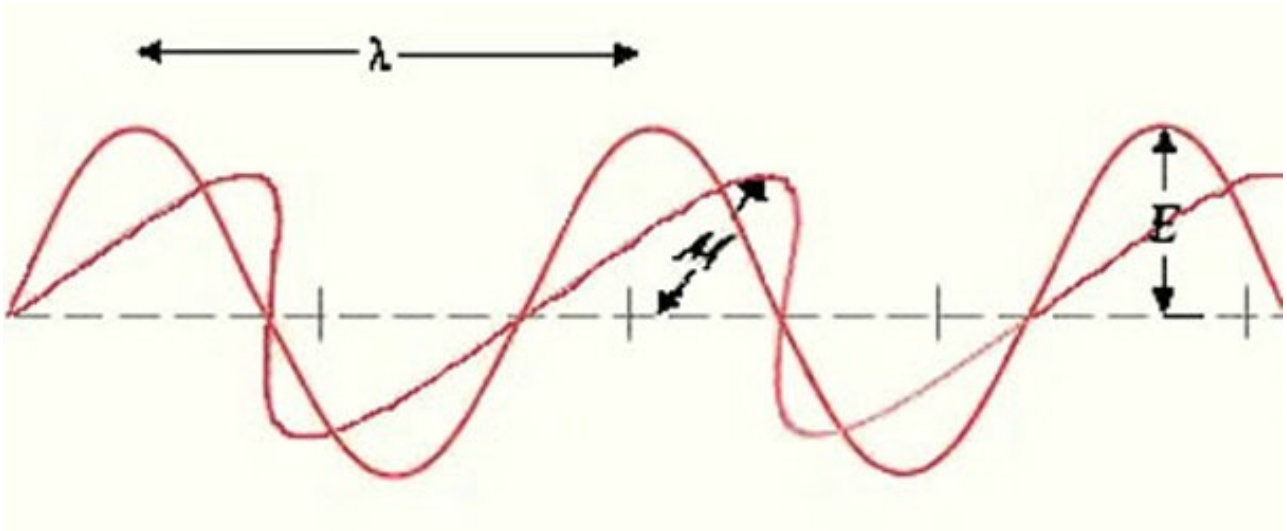
- Campos y ondas electromagnéticas
  - Características
- El espectro electromagnético
- Efectos electromagnéticos
  - Absorción, reflexión, difracción, refracción, interferencia
- Propagación en espacio libre
- Cuando la física hace una diferencia

Ondas electromagnéticas



- Son ondas que se propagan en el espacio con componentes de campo eléctrico (E) y magnético (H)
- E y H oscilan en direcciones **perpendiculares entre sí**
- Existe una gran cantidad de posibilidades de disposición del campo eléctrico y magnético, dando lugar a diferentes **modos de propagación**
- Ejemplos: luz, rayos-x y ondas de radio

Ondas electromagnéticas



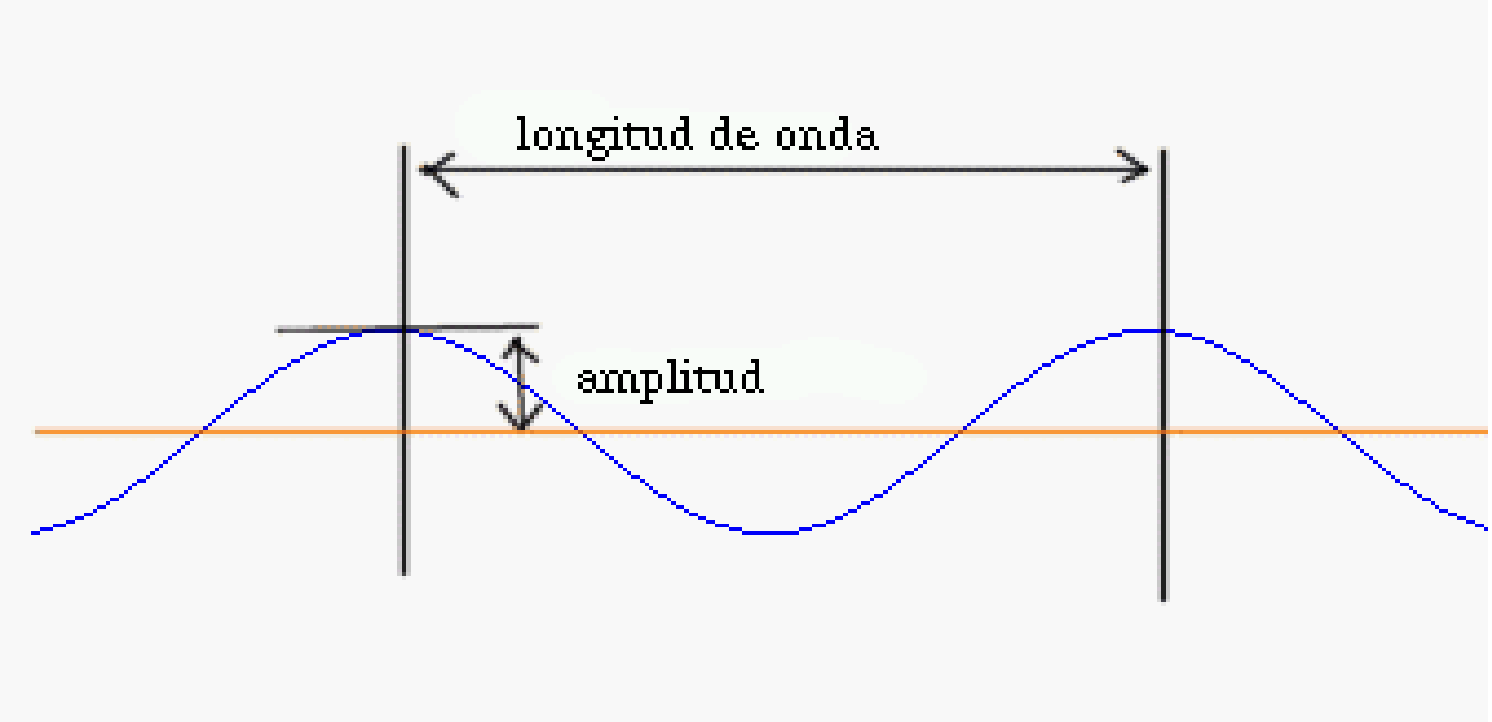
- λ = Longitud de onda
- E= Amplitud de campo eléctrico
- H = Amplitud de campo magnético

Ondas electromagnéticas



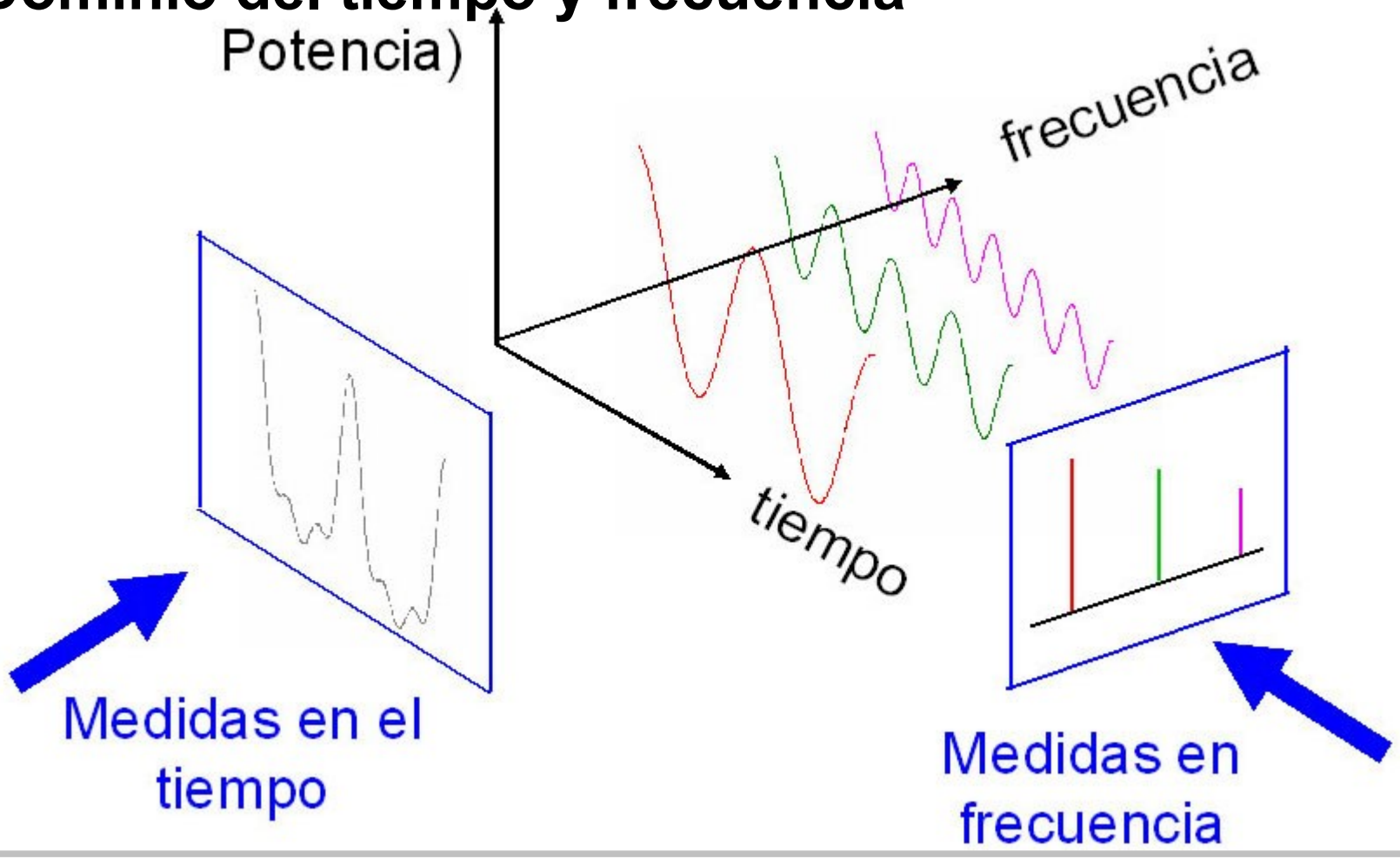
- Campos E y H
- No requieren un medio de transporte
- Longitud de onda y frecuencia

Una onda



Análisis espectral

Dominio del tiempo y frecuencia



Longitud de onda y frecuencia

$$c = \lambda * f$$

c = la velocidad de la luz ($3x10^8$ m/s) [m/s]

λ = longitud de onda [m]

f* = frecuencia, Hz, [1/s]

(*) a la frecuencia tambien se le llama ν (Nu)

Longitud de onda y frecuencia



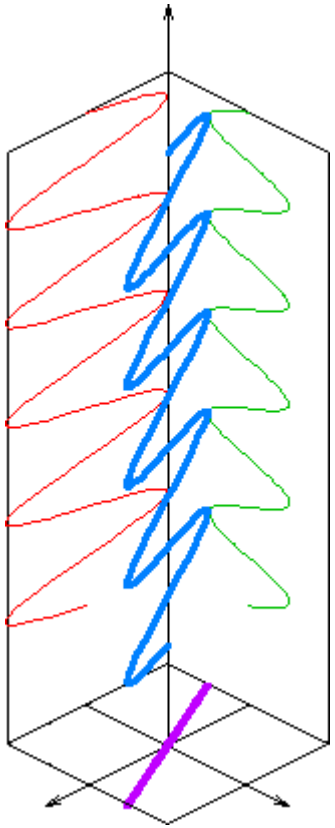
- Una onda EM con una frecuencia de 2,4 GHz tiene una longitud de onda de 12,5 cm
- Una onda electromagnética que viaja a la velocidad de la luz toma:
  - 1.3 segundos de la Luna a la Tierra
  - 8 minutos del sol a la tierra
  - 300 microsegundos en recorrer 100 km

Potencias de 10 y símbolos internacionales

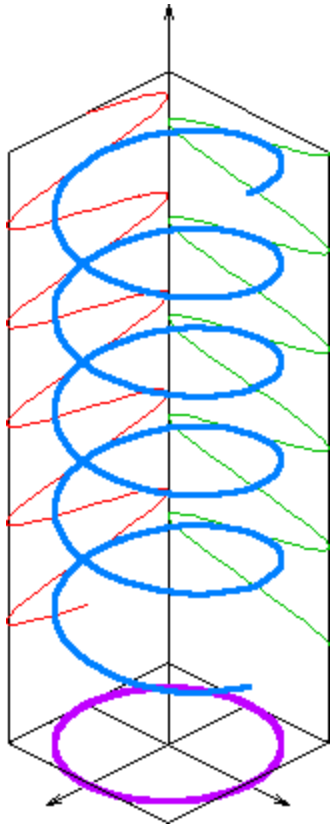


Prefijo	*Cantidad*		*Símbolo*
nano	10^{-9}	1/ 1.000.000.000	n
micro	10^{-6}	1/1.000.000	μ
mili	10^{-3}	1/1.000	m
centi	10^{-2}	1/100	c
kilo	10^{3}	1.000	k
mega	10^{6}	1.000.000	M
giga	10^{9}	1.000.000.000	G

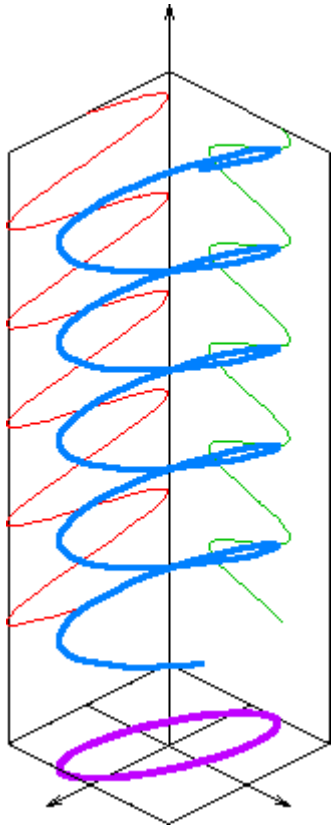
Polarización



lineal



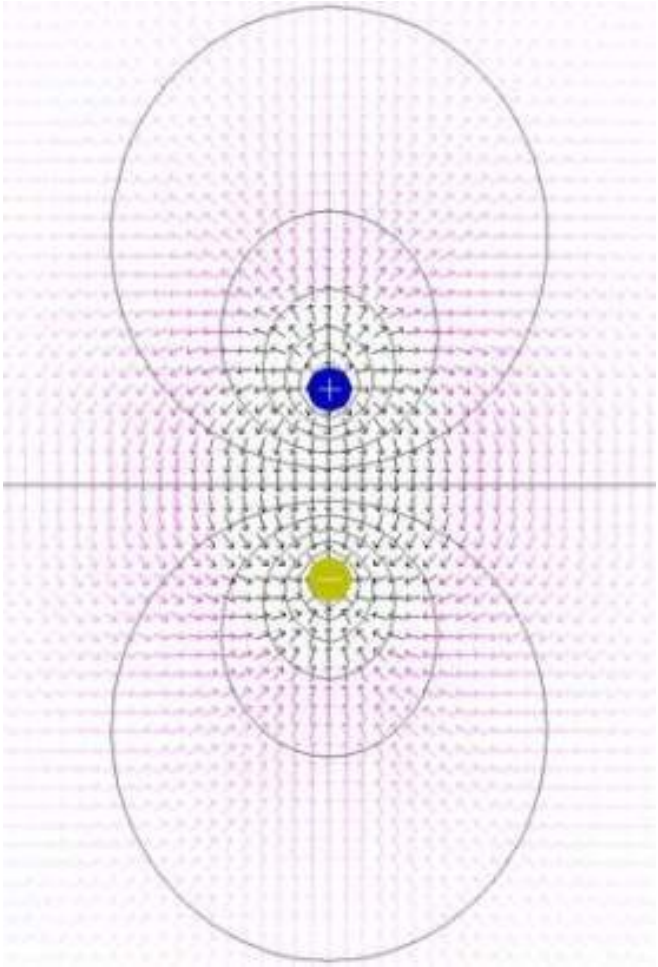
circular



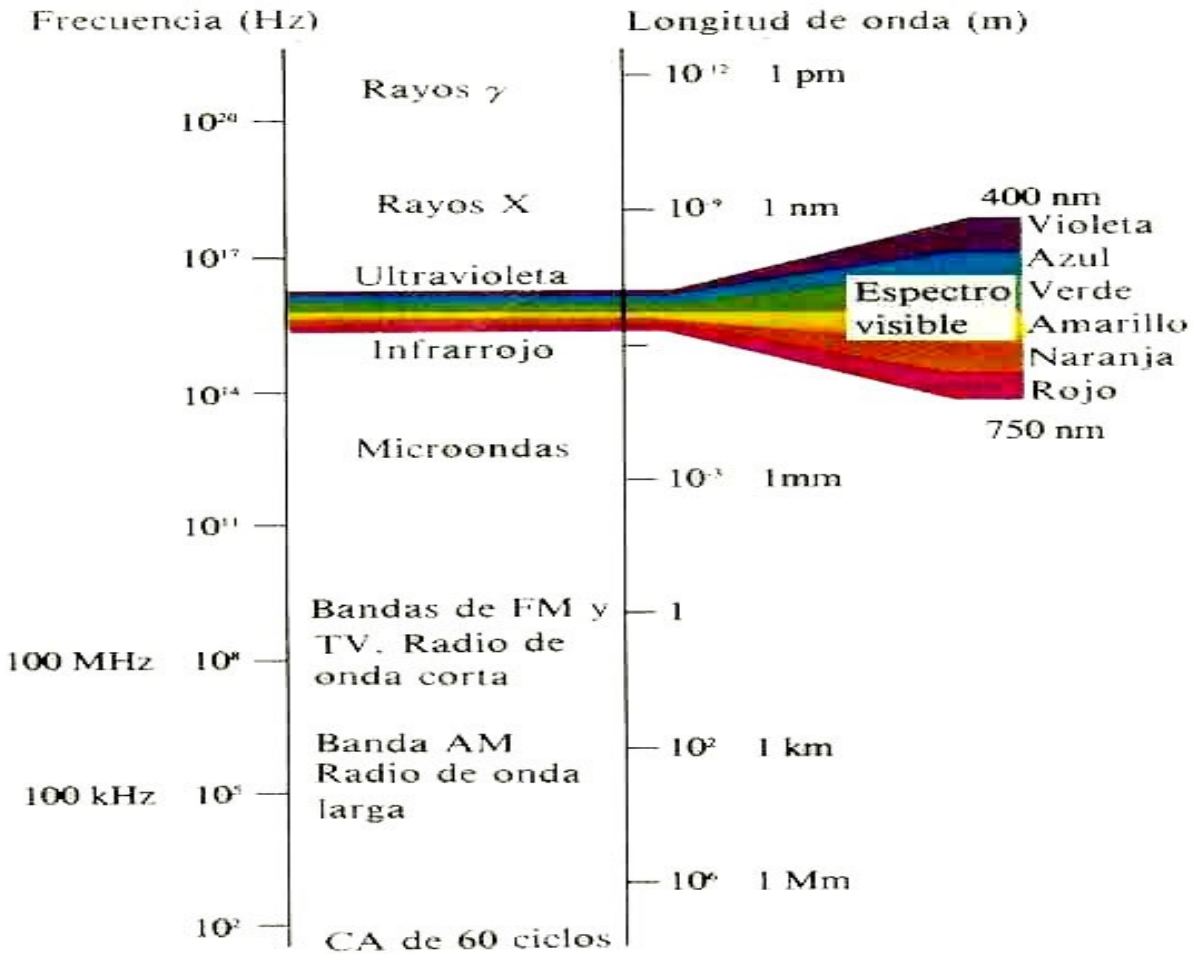
elíptica

Radiación de un Dipolo

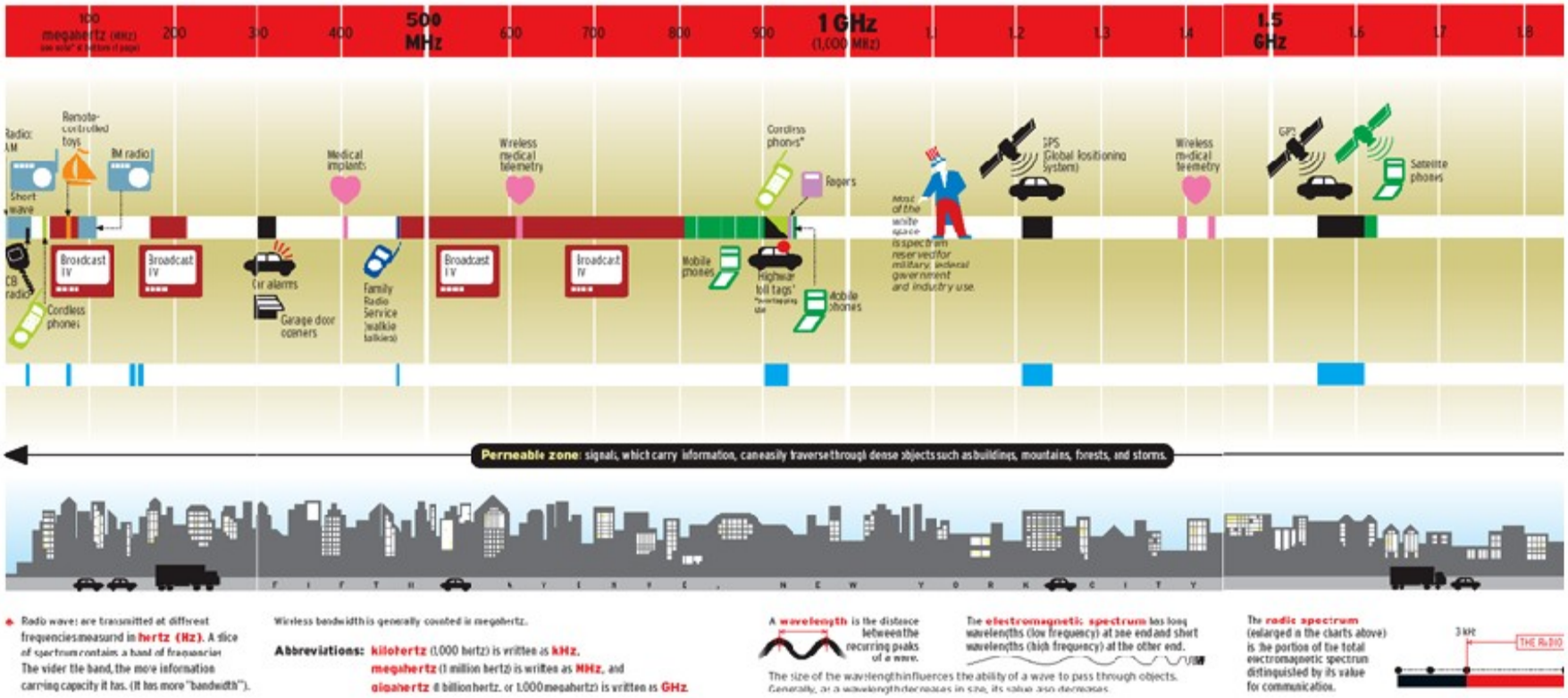
- La radiación del dipolo es el campo electromagnético, producto del sistema de electrones en movimiento oscilatorio en un conductor lineal, o sea, un alambre recto
- Es una de las formas más simples de una antena; la antena de dipolo



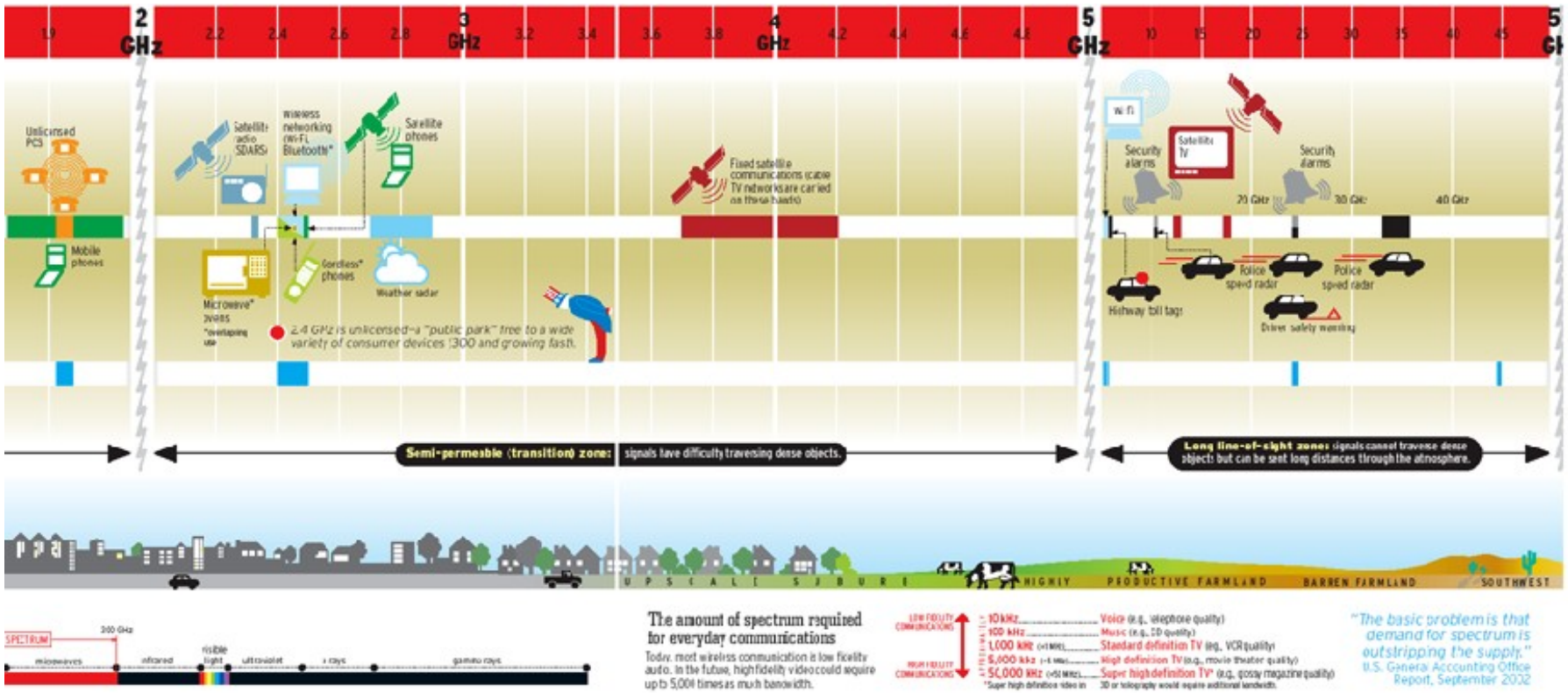
El espectro electromagnético



Uso del espectro electromagnético



Uso del espectro electromagnético



Frecuencias en redes inalámbricas



Frecuencia	*Estándar*	*Longitud de Onda*
2,4 GHz	802.11 b/g	12,5 cm
5, x GHz	802.11a	5-6 cm

Propagación de ondas electromagnéticas



- Frentes de onda

- Principio de Huygens:

"En cualquier punto de un frente de onda, se puede considerar que se origina un nuevo frente de onda esférico"

Propagación de ondas electromagnéticas



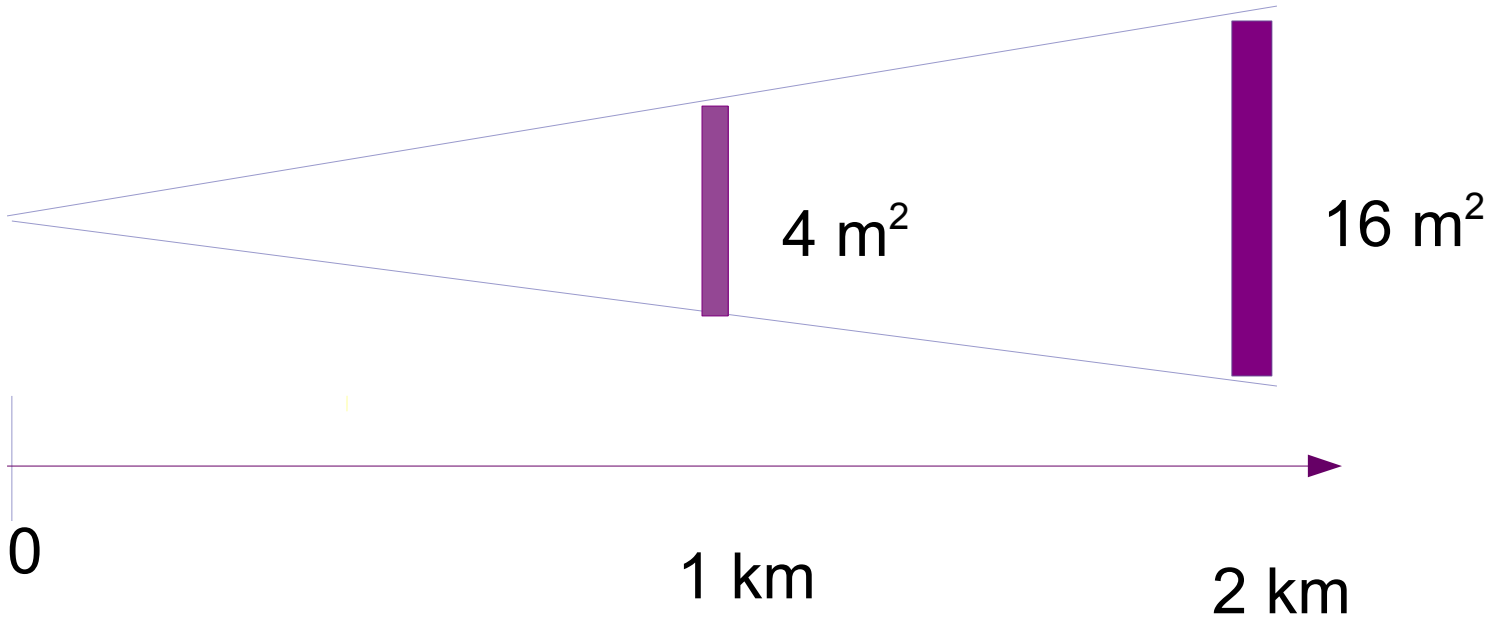
- Una onda se propaga en línea recta solamente en el vacío, en cualquier otro medio puede cambiar su trayectoria debido a la presencia de obstáculos o de diferencias en la composición del medio

Atenuación geométrica de las ondas electromagnéticas



- Cuando una onda se propaga en el espacio, se esparce sobre una superficie cada vez mayor a medida que se aleja del transmisor
- La potencia que se puede capturar de la onda disminuye con el cuadrado de la distancia al transmisor por este efecto puramente geométrico
- A esto se le denomina "Pérdida en el Espacio Libre", FSL en inglés

Atenuación geométrica de las ondas electromagnéticas



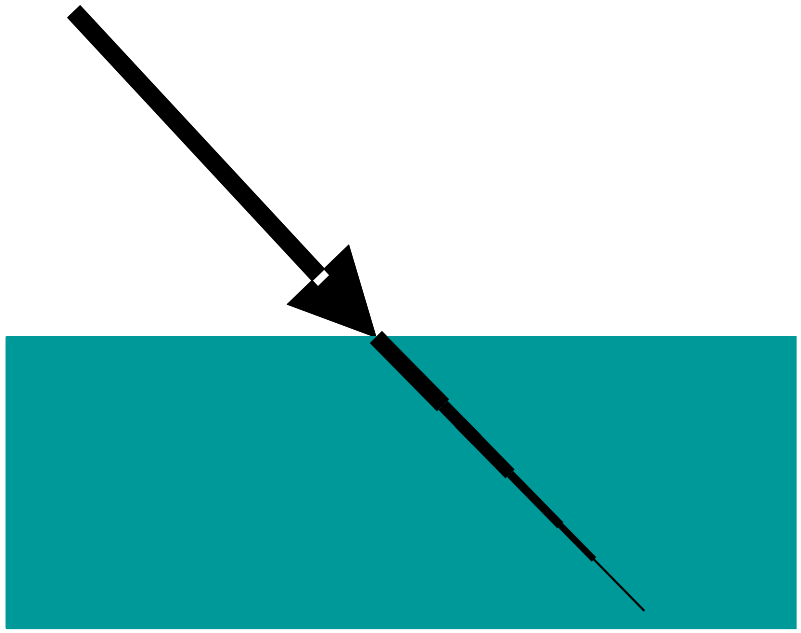
Otras causas de atenuación de ondas



- Absorción
- Reflexión
- Difracción
- Refración
- Interferencia

Absorción

- Pérdida de energía en el medio de propagación
- La potencia decrece de manera exponencial
- La energía absorbida generalmente se transforma en calor

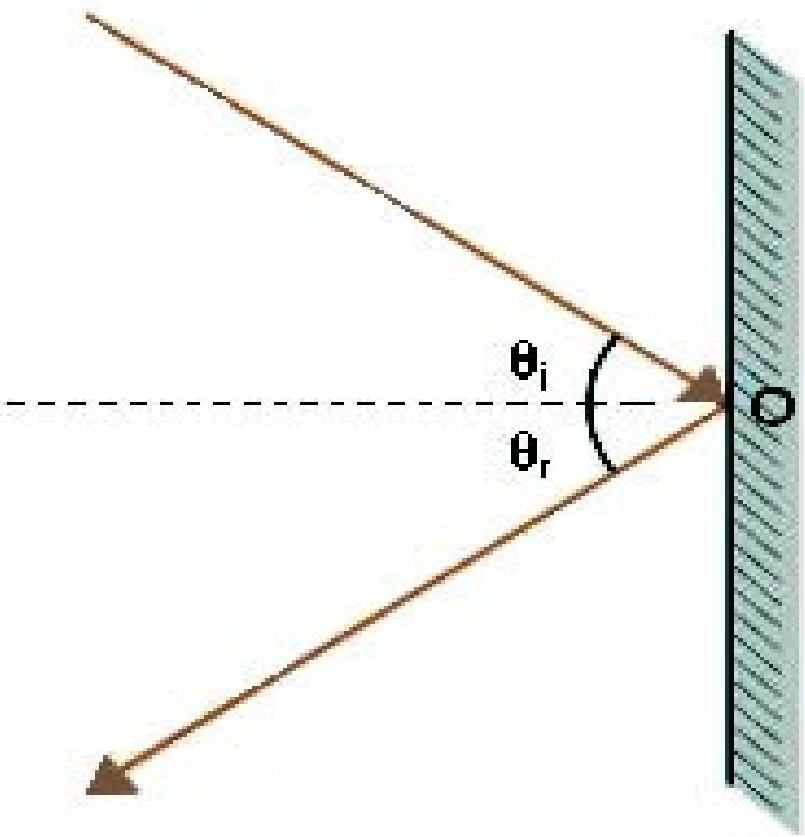


Absorción



- Absorción intensa
- El agua absorbe rápidamente las ondas electromagnéticas, así como muchas otras substancias:
  - Metal
  - Roca, ladrillo y concreto

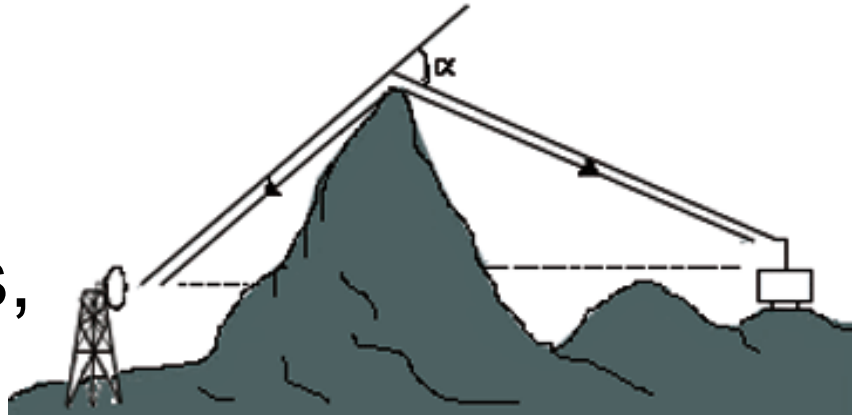
Reflexión



Ángulo de incidencia =
Ángulo de reflexión

Difracción

Como consecuencia del principio de Huygens, cada punto de un obstáculo genera un nuevo frente de ondas, el nuevo frente puede rodear un obstáculo

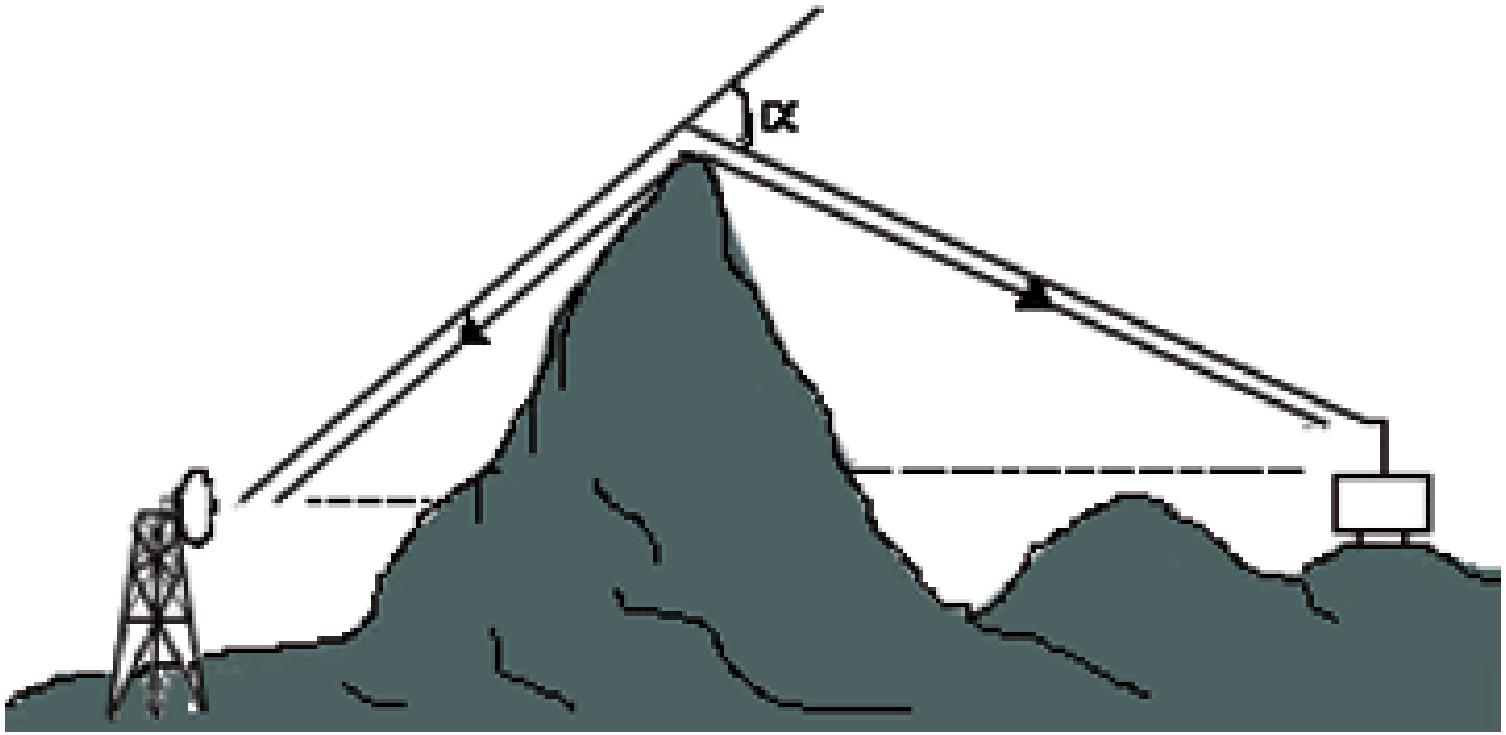


Difracción



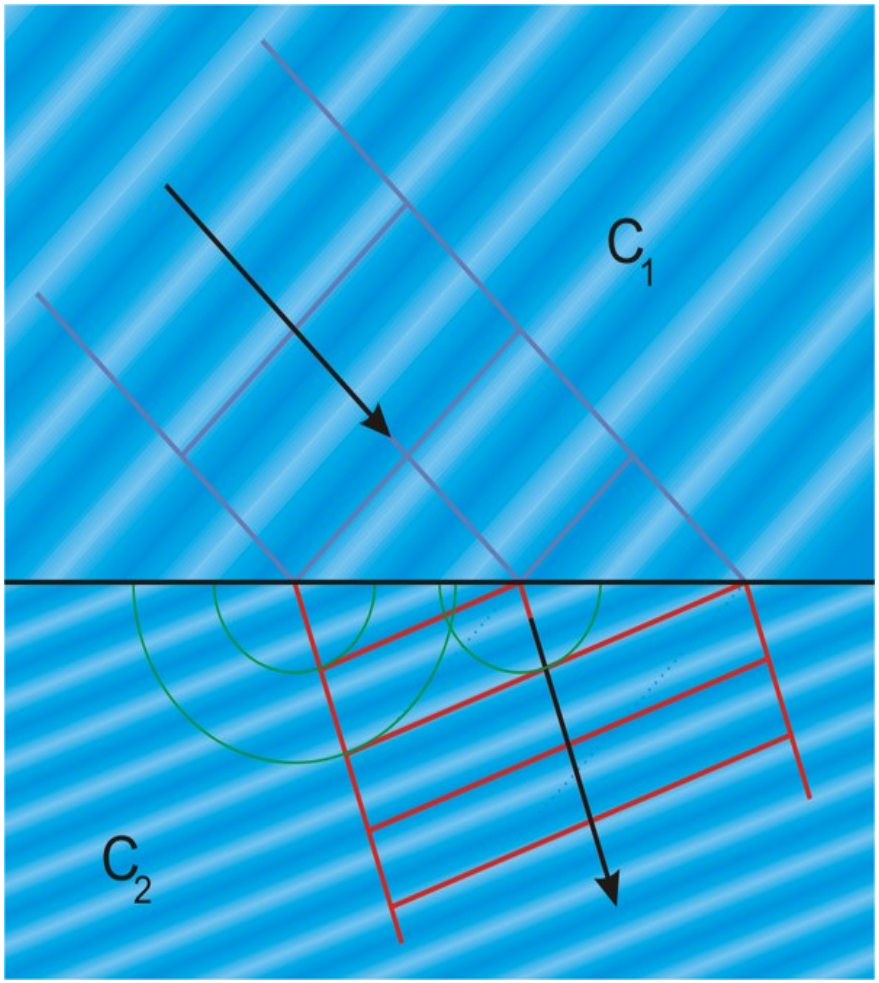
- Es proporcional a la longitud de onda
- Las ondas mas largas se difractan más, dando la impresión de “voltear la esquina”
- Las radios AM que operan en 1000 kHz (λ= 300 m) no requieren línea de vista y se propagan a gran distancia
- En comunicacion inalámbrica la longitud de onda es de 12,5 cm

Difracción

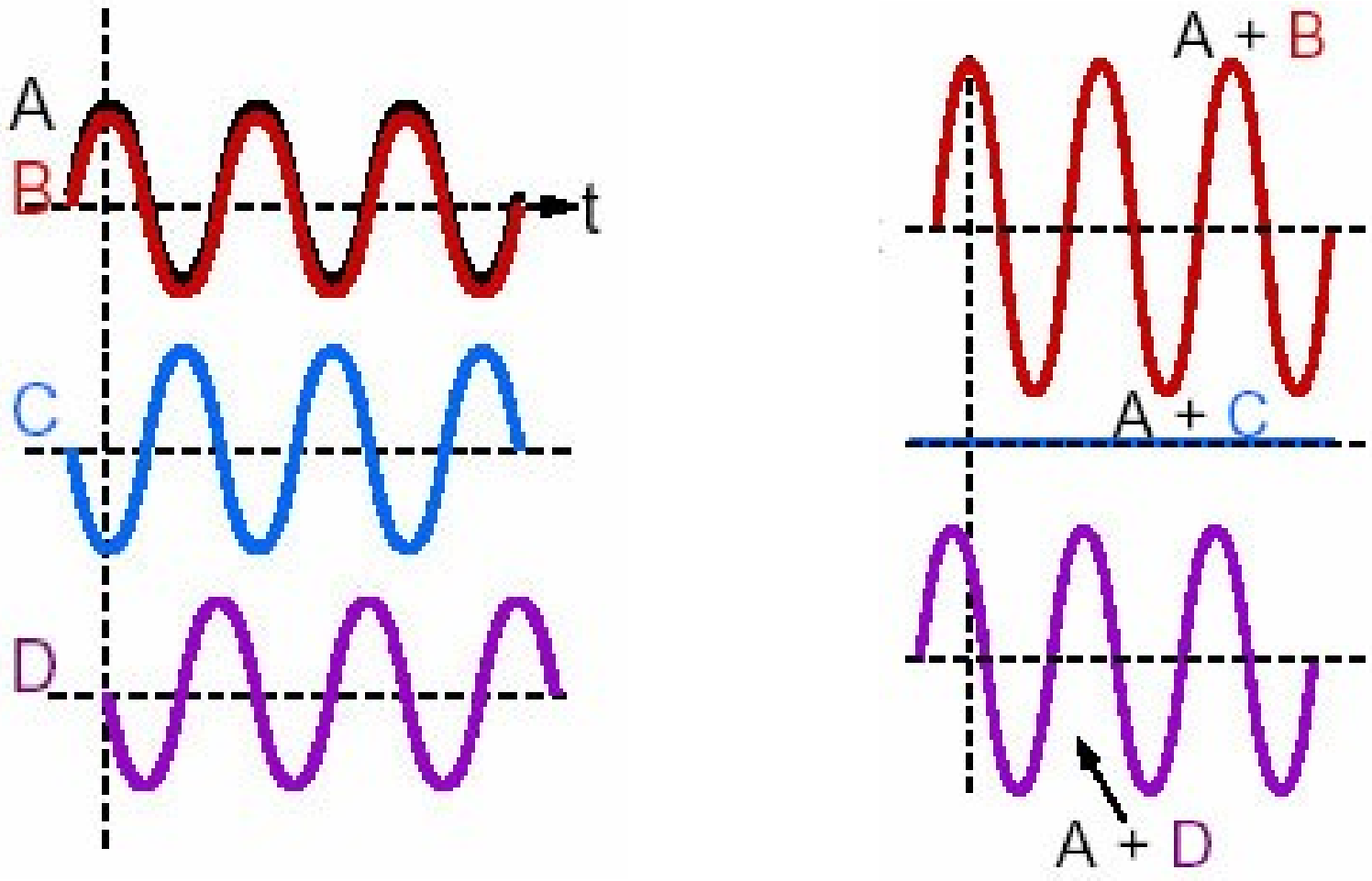


Refracción

Cuando una onda pasa de un medio a otro de densidad diferente, cambia de velocidad y en consecuencia de dirección



Interferencia

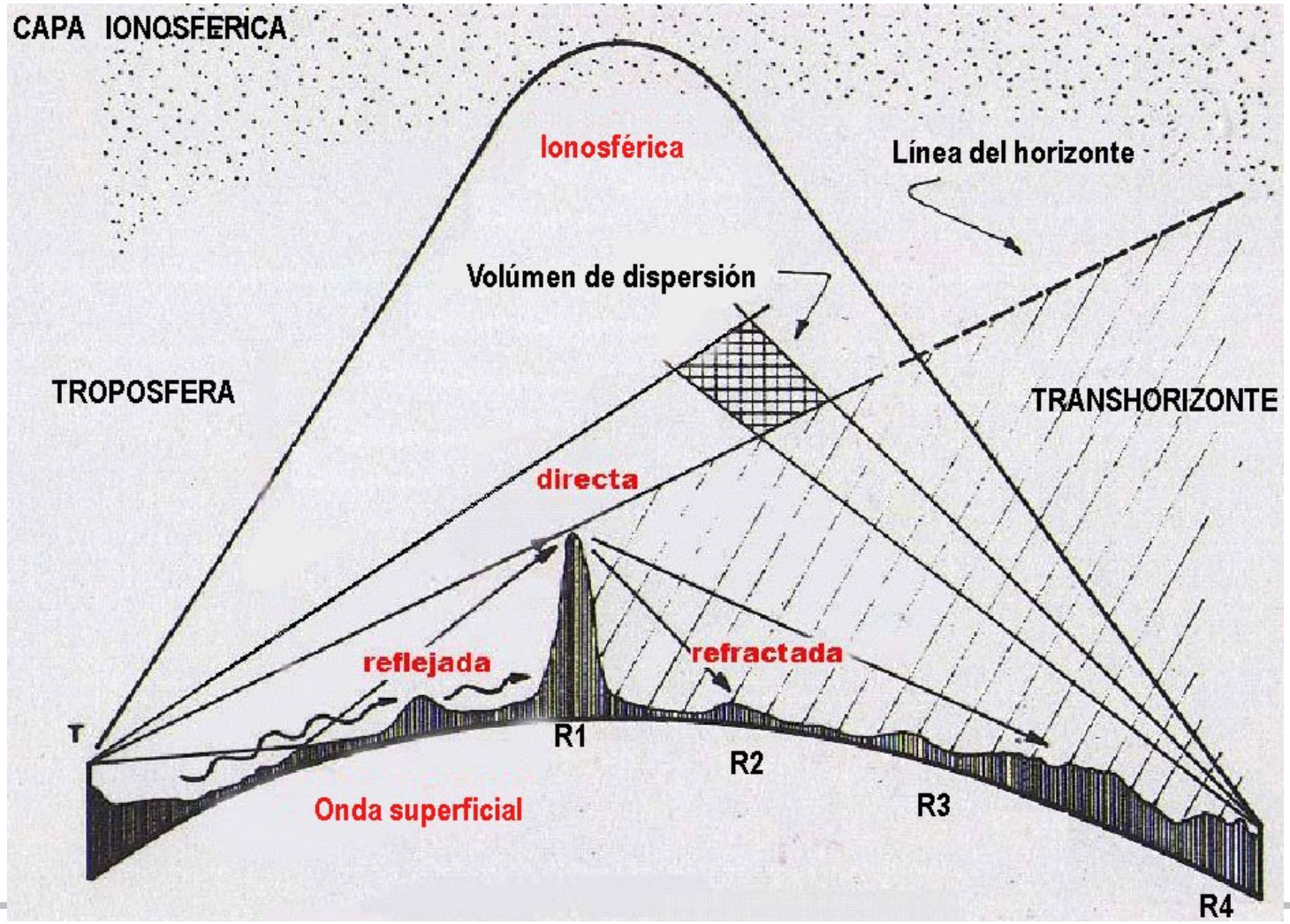


Efecto de la frecuencia



- En general, a mayor frecuencia mayor ancho de banda disponible, pero menor alcance
- A frecuencias bajas las ondas son guiadas por la superficie terrestre y reflejadas por las capas ionosféricas
- A frecuencias altas las ondas de radio se comportan como la luz, por lo que se requiere línea visual entre el transmisor y el receptor

Efecto de la frecuencia



Propagación en espacio libre



- Pérdida en espacio libre (FSL)
- Zonas de Fresnel
- Línea de vista
- Efecto de trayectoria múltiple
- Curvatura de la tierra hc= d1*d2/12,75K

Pérdida en espacio libre (FSL)



La atenuación es proporcional al cuadrado de la distancia y al cuadrado de la frecuencia

$$FSL(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92{,}4$$

d = distancia en kilómetros

f = frecuencia en GHz

Pérdida en el espacio libre (FSL)



A la frecuencia de 2,4 GHz:

$$FSL(dB) = 20\log_{10}(d) + 100$$

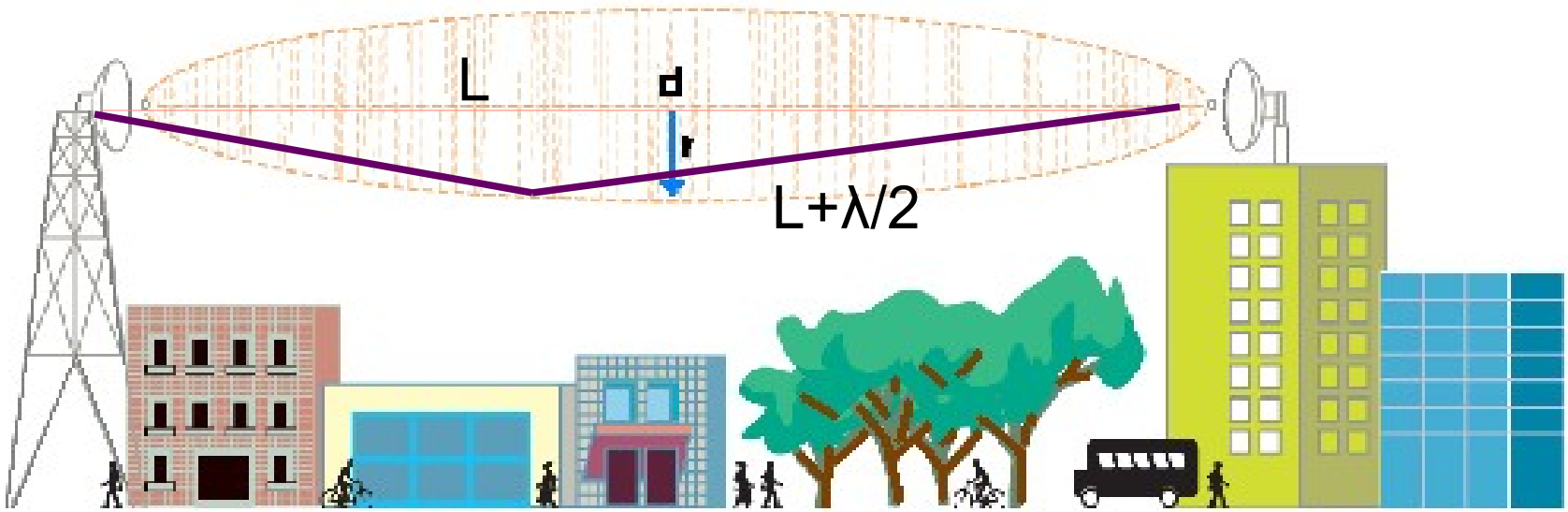
Pérdida en espacio libre (PEL)



Reglas básicas para las redes inalámbricas a 2,4 GHz:

- Se pierden 100 dB en el primer kilómetro
- Cada vez que se duplica la distancia la potencia se reduce en 6 dB
- Un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB
- Un enlace de 4 km tiene una pérdida de 112 dB

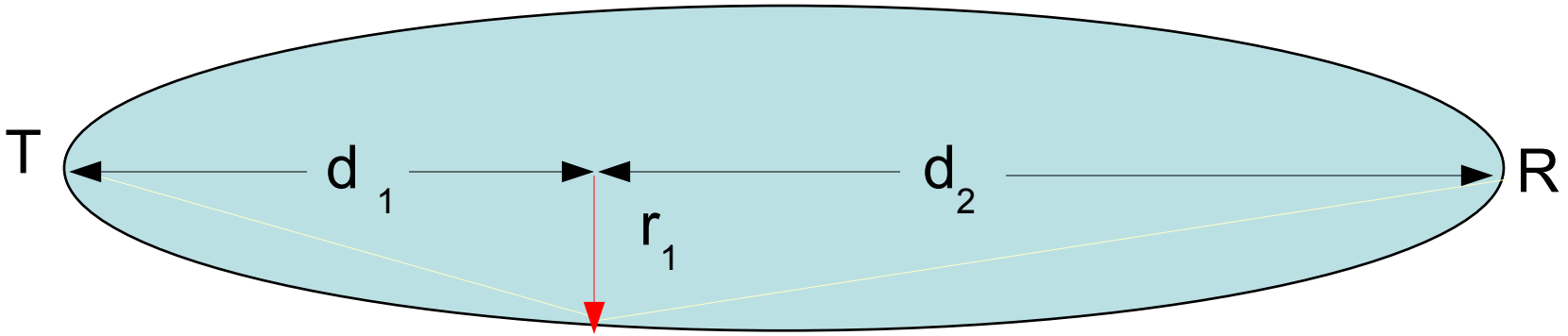
Zonas de Fresnel



$L_1 + L_2 = L + \lambda/2$

- **d** = distancia [m]
- **f** = frecuencia [GHz]
- **r** = radio [m]

1 era Zona de Fresnel



$$r_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}} \leq \frac{1}{2}\sqrt{\lambda d}$$

r_1 = radio de la primera zona de Fresnel, m

$d = d_1 + d_2$, m

λ = longitud de onda, m

Línea de vista (LdV), LOS

En general, se necesita linea de vista (LdV) para un enlace de radio... y un poco de espacio alrededor



Efecto de las trayectorias múltiples



- Una señal puede llegar a un receptor por múltiples trayectorias
- Los retardos y las interferencias, pueden causar problemas
- Aprovechando las trayectorias múltiples, se puede resolver problemas de línea de vista
- El estandard MIMO aprovecha las trayectorias múltiples

Donde la física hace una diferencia



1. Cuando un punto de acceso está bajo un escritorio
2. Cuando se pasa del invierno a la primavera
3. Cuando es hora de alto tráfico en la ciudad
4. Cuando se implementa un enlace de larga distancia
5. Cuando tienes que diferenciar la propaganda comercial de la verdad

Ejemplo 1: Red de oficina



- Tipicamente hay multi trayectoria
- Problemas con los objetos
  - Gente (llenas de agua...)
  - Cosas metálicas (escritorios, máquinas)
- La elección de los lugares para el AP y las antenas es esencial

Ejemplo 2: El invierno se convierte en primavera



- Más alla del clima, factores como la vegetación, la humedad y la lluvia cambian
- Los árboles secos son transparentes, pero los verdes no lo son

Ejemplo 3:
Hora de alto tráfico en la ciudad



- En ambientes urbanos, las condiciones pueden cambiar en poco tiempo
- Personas (70% agua), camionetas, automóbiles, interferencia electromagnética
- Debes verificar el lunes lo que mediste en domingo

Ejemplo 4: Enlaces de larga distancia



- El tiempo de propagación de la señal puede acarrear pérdidas y exceso de espera, disminuyendo la tasa efectiva de transmisión
- Dependiendo del equipo, puede ser relevante a partir de 1-2 km
- Un indicio de exceso de espera es un indice alto de pérdida de paquetes

Ejemplo 5: Mercadeo



- Una antena o equipo de radio no tiene un alcance específico. Los parámetros son:
  - Ganancia de la antena
  - Potencia de transmisión del radio
- Incluso con la promesas de WIMAX, las microondas aún no atraviesan materiales absorbentes
- Las mejores técnicas de modulación premiten “doblar las esquinas”

Conclusiones



- Entendemos las bases de la propagación de ondas, atenuación, absorción, reflexión, difracción, refracción, interferencia y sus implicaciones
- El concepto de zona de Fresnel implica que las ondas ocupan un volumen
- Podemos aplicar estas ideas a casos de la vida real, y confrontar a vendedores inescrupulosos



Unidad 04: Topología e Infraestructura Básica de Redes Inalámbricas

Autores: *Sebastian Buettrich wire.less.dk , Alberto Escudero Pascual - IT +46*

Traducido por Colnodo

Tabla de contenido

1. Sobre este documento 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual 2
1.2 Grados de dificultad 2
1.3 Información sobre los iconos 2
2. Introducción 2
3. Topologías básicas de red 3
3.1 Topologías de red relevantes en conexión de redes inalámbricas 4
4. Componentes de redes inalámbricas 6
4.1 Punto de acceso 6
4.2 Clientes inalámbricos 9
5. Modos de operación de redes inalámbricas 9
5.1 Modo ad hoc (IBSS) 9
5.1.1 Caso 1: Punto a punto 10
5.2 Infraestructura (BSS) 10
5.2.1 Caso 1: Estrella 11
5.2.2 Caso 2: Punto a Punto(PtP) 12
5.2.3 Caso 3: Repetidores 13
5.2.4 Caso 4: Malla 14
6. Ejemplos de la vida real de infraestructura inalámbrica 15
7. Conclusiones 19
8. Recursos adicionales 20
8.1 En línea 20
General 20
Instalación práctica de redes inalámbricas 20
8.2 Libros/artículos 21
General 21
Implementación de redes inalámbricas 21
9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual 21

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_M

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

En esta unidad se considera la distribución física y la disposición lógica de topologías básicas de redes en general y topologías usadas específicamente para redes inalámbricas. Se presentará un conjunto de topologías comunes y se discutirá su relevancia en la implementación de redes inalámbricas.

Se describirán los diferentes modos de las redes inalámbricas y se presentarán casos típicos a través de ejemplos prácticos con instrucciones generales de configuración. De esta manera esperamos

proporcionarle las habilidades básicas para identificar y planear la topología más conveniente para un escenario real.

3. Topologías básicas de red

La topología de una red representa la disposición de los enlaces que conectan los nodos de una red. Las redes pueden tomar muchas formas diferentes dependiendo de cómo están interconectados los nodos. Hay dos formas de describir la topología de una red: física o lógica.



La topología física se refiere a la configuración de cables, antenas, computadores y otros dispositivos de red, mientras la topología lógica hace referencia a un nivel más abstracto, considerando por ejemplo el método y flujo de la información transmitida entre nodos.

A continuación se dá una breve descripción de algunas topologías de red básicas:

Topología	Descripción
Bus o Barra	Todos los nodos están conectados a un cable común o compartido. Las redes Ethernet normalmente usan esta topología.
Estrella	Cada nodo se conecta directamente a un concentrador central. En una topología de estrella todos los datos pasan a través del concentrador antes de alcanzar su destino. Esta es una topología común tanto en redes Ethernet como inalámbricas.
Línea (o multi-concentrador)	Un conjunto de nodos conectados en una línea. Cada nodo se conecta a sus dos nodos vecinos excepto el nodo final que tiene sólo un nodo vecino.
Árbol	Una combinación de las topologías de bus y estrella. Un conjunto de nodos configurados como estrella se conectan a una dorsal (backbone).
Anillo	Todos los nodos se conectan entre sí formando un lazo cerrado, de manera que cada nodo se conecta directamente a otros dos dispositivos. Típicamente la infraestructura es una dorsal (backbone) con fibra óptica.
Malla completa	Existe enlace directo entre todos los pares de nodos de la red. Una malla completa con n nodos requiere de n(n-1)/2 enlaces directos. Debido a esta característica, es una tecnología costosa pero muy confiable. Se usa principalmente para aplicaciones militares.
Malla parcial	Algunos nodos están organizados en una malla completa, mientras otros se conectan solamente a uno o dos nodos de la red. Esta topología es menos costosa que la malla completa pero por supuesto, no es tan confiable ya que el número de enlaces redundantes se reduce.

Tabla 1: Descripción de las topologías básicas de red

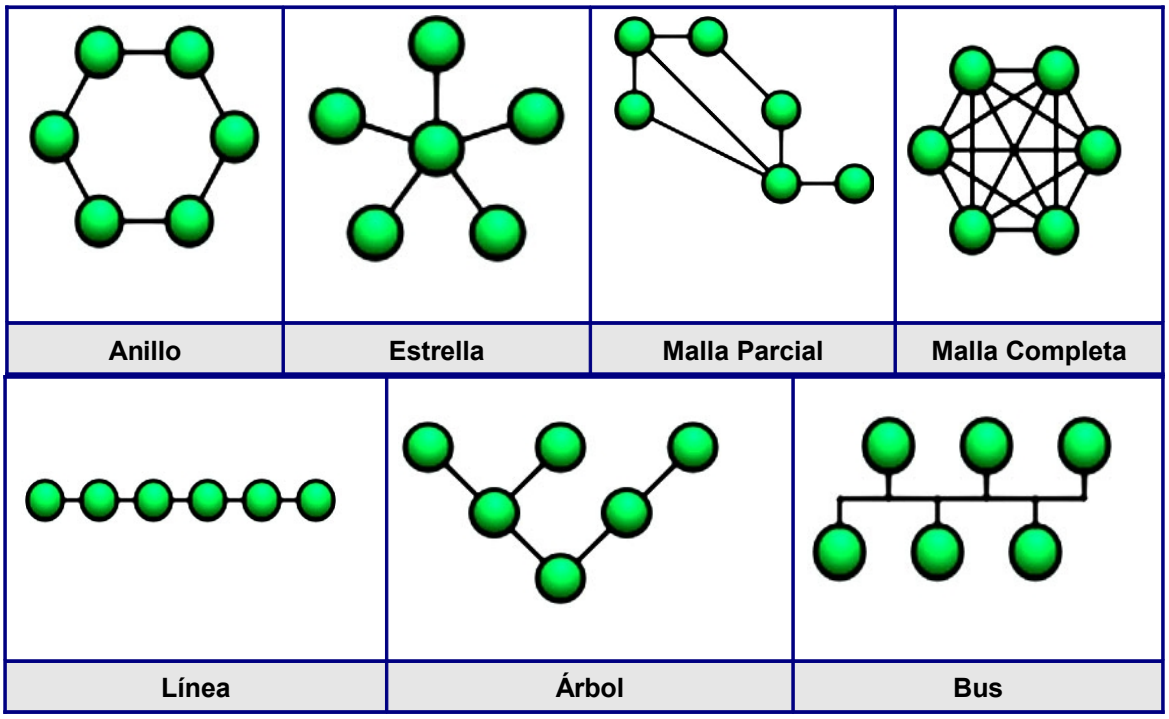


Figura 1: Topologías básicas de red. Fuente: Wikipedia.org

3.1 Topologías de red relevantes en conexión de redes inalámbricas

A continuación se hacen algunas observaciones generales que le ayudarán a entender cómo y por qué algunas topologías de red, pueden o no, ser aplicadas a redes inalámbricas. Estas observaciones pueden sonar triviales, pero su comprensión es fundamental para lograr la implementación de una red inalámbrica exitosa.

La comunicación inalámbrica no requiere un medio

Obviamente la comunicación inalámbrica no requiere de cables pero tampoco necesita de algún otro medio, aire, éter u otra sustancia portadora. Una línea dibujada en el diagrama de una red inalámbrica, es equivalente a una (posible) conexión que se está realizando, no a un cable u otra representación física.

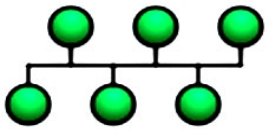
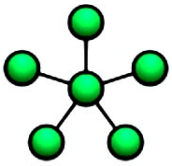
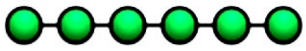
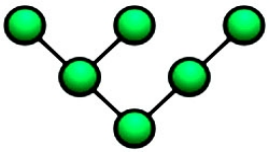
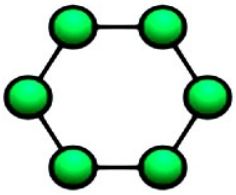
La comunicación inalámbrica siempre es en dos sentidos (bidireccional)

No hay reglas sin excepción, en el caso de "sniffing" (monitoreo) completamente pasivo o eavesdropping (escucha subrepticia), la comunicación es no bidireccional. Esta bidireccionalidad existe bien sea que hablamos de transmisores o receptores, maestros o clientes.

Un radio es solo un radio y su rol posterior es determinado por el software

Este software determina el comportamiento de las tarjetas de radio bajo las capas 1 y 2 del modelo OSI, por ejemplo en las capas física y de enlace.

Teniendo en mente estas observaciones generales, podemos evaluar la relevancia de las topologías de red para redes inalámbricas.

Topología	Representación visual	Relevancia en redes inalámbricas
Bus o Barra		No aplicable generalmente. Estudiando la topología de bus se puede notar que cada nodo se conecta a todos los demás nodos, en el punto donde un cable se conecta con otros cables. En el caso inalámbrico esta topología es equivalente a una red de malla completa operando en un canal único.
Estrella		Sí; esta es la topología estándar de una red inalámbrica.
Linea (multi-concentrador)		Sí; con dos o más elementos. Una línea de dos nodos es un enlace Punto a Punto.
Árbol		Sí; típicamente usado por ISP (Proveedores de servicio de Internet) inalámbricos.
Anillo		Sí; posible pero raro de encontrar.

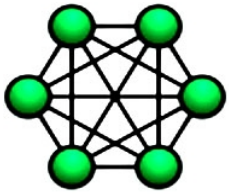
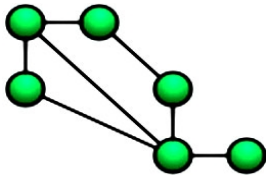
Topología	Representación visual	Relevancia en redes inalámbricas
Malla completa		Sí; pero la mayoría son mallas parciales.
Malla parcial		Sí.

Tabla 2: Topologías en redes inalámbricas



Figura 2: Enlaces inalámbricos.

4. Componentes de redes inalámbricas

4.1 Punto de acceso



Un punto de acceso es un "concentrador" inalámbrico. El transmisor/receptor conecta entre sí los nodos de la red inalámbrica y normalmente también sirve de puente entre ellos y la red cableada. Un conjunto de puntos de acceso (coordinados) se pueden conectar unos con otros para crear una gran red inalámbrica.

Desde el punto de vista de los clientes inalámbricos (como las computadoras portátiles o las estaciones móviles), un punto de acceso provee un cable virtual entre los clientes asociados. Este "cable inalámbrico" conecta tanto a los clientes entre sí, como los clientes con la red cableada.

Un punto de acceso debe distinguirse de un enrutador inalámbrico, que es muy común en el mercado actual.



Un enrutador inalámbrico es una combinación entre un punto de acceso y un enrutador, y puede ejecutar tareas más complejas que las de un punto de acceso. Considere un enrutador inalámbrico como un puente (entre la red inalámbrica y la red Ethernet) y un enrutador (con características de enrutamiento IP).

En una red inalámbrica se pueden encontrar trabajando juntos dispositivos inalámbricos como puntos de acceso, enrutadores y puentes.

Los enrutadores y los puentes se pueden encargar de interconectar dos redes (p.e. Internet y su red local, o dos redes locales). Los enrutadores a diferencia de los puentes pueden hacer más eficiente el transporte de paquetes entre las redes debido al uso de tablas de enrutamiento que permiten determinar la mejor ruta que puede seguir un paquete de datos para llegar a su destino, además un enrutador inalámbrico se encargará de realizar la traducción de direcciones de red (NAT) o enmascaramiento.

Los puntos de acceso podrán captar las señales de los enrutadores y clientes, amplificándolas para dar una mayor cobertura a la red. A pesar de que los puntos de acceso son "transparentes" para los otros dispositivos de la red, siempre se les debe asignar una dirección IP que permita su configuración. Esto aplica a todos los dispositivos de la red, los cuales para ser gestionados requieren tener asignada una dirección IP.



Enmascaramiento

El enmascaramiento o NAT (Network address traduction) permite comunicar computadores de una red interna, que no tienen una dirección conocida, a una red externa como Internet. Los paquetes que provienen de un equipo de la red interna, que tiene un rango de direcciones privadas en la red local, son pasados a un enrutador que modifica la información de la dirección IP y el número de puerto de los datagramas para que parezca que fueron generados por él mismo, enviándolos a Internet con una dirección IP conocida. Al recibir una respuesta del host remoto, el enrutador devuelve la modificación realizada al paquete, para que llegue correctamente a su destino dentro de la red interna.

El enmascaramiento es una práctica común para redes que usan IPv4, pero con IPv6 ya no será necesario.

Puentear vs. Enrutar

Un ***puente*** es un dispositivo que permite interconectar diferentes redes, independientemente del protocolo que cada una utilice. Esto ocurre debido a que un puente trabaja en los niveles 1 y 2 del modelo OSI (físico y datos respectivamente), utilizando la dirección MAC[1] de los dispositivos, para definir la red de donde proviene y hacia donde se dirige un paquete de datos.



Un ***enrutador*** permite también interconectar varias redes, pero a diferencia de un puente, estas deben utilizar el mismo protocolo. Un enrutador trabaja en las 3 primeras capas del modelo OSI y utiliza las direcciones de red de los equipos que toma de la capa 3 (de red), las cuáles corresponden a un protocolo específico.

Si se desea interconectar dos redes que utilizan el mismo protocolo (p.e. IP) es recomendable utilizar un ***enrutador*** ya que este tiene la capacidad de optimizar las rutas recorridas por los paquetes para llegar a su destino utilizando tablas de enrutamiento que se actualizan constantemente aumentando su eficiencia.

Se recomienda el uso de ***puentes*** cuando no es posible crear subredes IP o cuando el protocolo de su red no permite enrutamiento (**NetBIOS, o DECnet**). Un puente es maś fácil de configurar pero puede afectar el rendimiento de su red.

Los clientes se conectan a un punto de acceso mediante su su nombre. Este mecanismo de identificación se conoce como SSID-Service Set Identifier- (Identificador del Conjunto de Servicio) y debe ser el mismo para todos los miembros de una red inalámbrica específica. Todos los punto de acceso y clientes que pertenecen a un mismo ESS -Extended Service Set- (Conjunto de Servicio extendido) se deben configurar con el mismo ID (ESSID).

Cuando hablamos de SSID pensamos en la etiqueta de un punto (socket) de Ethernet. Conectarse a una red inalámbrica con SSID “x” es equivalente a conectar su computador a un punto de red sobre una pared identificado con la etiqueta “x”. Para más detalles mire la unidad “Configuración de puntos de acceso” .

1. Media Access Control address. Identificador único del dispositivo usado para conectarse a una red.

4.2 Clientes inalámbricos

Un cliente inalámbrico es cualquier estación inalámbrica que se conecta a una red de área local (LAN –Local Area Network) inalámbrica para compartir sus recursos. Una estación inalámbrica se define como cualquier computador con una tarjeta adaptadora de red inalámbrica instalada que transmite y recibe señales de Radio Frecuencia (RF).

Algunos de los clientes inalámbricos más comunes son las computadoras portátiles, PDAs, equipos de vigilancia y teléfonos inalámbricos de VoIP.

5. Modos de operación de redes inalámbricas

El conjunto de estándares 802.11 definen dos modos fundamentales para redes inalámbricas:

1. Ad hoc
2. Infraestructura

Es importante comprender que no siempre, los modos se ven reflejados directamente en la topología. Por ejemplo, un enlace punto a punto puede ser implementado en modo *ad hoc* o Infraestructura y nos podríamos imaginar una red en estrella construida por conexiones *ad hoc*. El modo puede ser visto como la configuración individual de la tarjeta inalámbrica de un nodo, más que como una característica de toda una infraestructura.

5.1 Modo ad hoc (IBSS)



El modo ad hoc, tambien conocido como punto a punto, es un método para que los clientes inalámbricos puedan establecer una comunicación directa entre sí. Al permitir que los clientes inalámbricos operen en modo ad hoc, no es necesario involucrar un punto de acceso central. Todos los nodos de una red ad hoc se pueden comunicar directamente con otros clientes.

Cada cliente inalámbrico en una red *ad hoc* debería configurar su adaptador inalámbrico en modo *ad hoc* y usar los mismos SSID y “número de canal” de la red.

Una red *ad hoc* normalmente está conformada por un pequeño grupo de dispositivos dispuestos cerca unos de otros. En una red *ad hoc* el rendimiento es menor a medida que el número de nodos crece. Para conectar una red *ad hoc* a una red de área local (LAN) cableada o a Internet, se requiere instalar una Pasarela o *Gateway* especial.

El término latino *ad hoc* significa “para esto” pero se usa comúnmente para describir eventos o situaciones improvisadas y a menudo espontáneas.

En redes IEEE 802.11 el modo *ad hoc* se denota como Conjunto de Servicios Básicos Independientes (IBSS -Independent Basic Service Set).

5.1.1 Caso 1: Punto a punto

Puede usar el modo *ad hoc* cuando desea conectar directamente dos estaciones, p.e. de edificio a edificio. También lo puede usar dentro de una oficina entre un conjunto de estaciones de trabajo.

Configuración	**Nodo 1**	**Nodo 2**
Modo	*ad hoc*	*ad hoc*
SSID	MI_SSID	MI_SSID
Canal	Debe ser convenido y conocido por todos	Debe ser convenido y conocido por todos
Dirección IP	Normalmente fija	Normalmente fija

Tabla 3: Configuración típica de una red *ad hoc*

Si un nodo está conectado a la red (p.e. Intranet o Internet), puede extender dicha conexión a otros que se conecten a él inalámbricamente en el modo *ad hoc*, si se le configura para esta tarea.

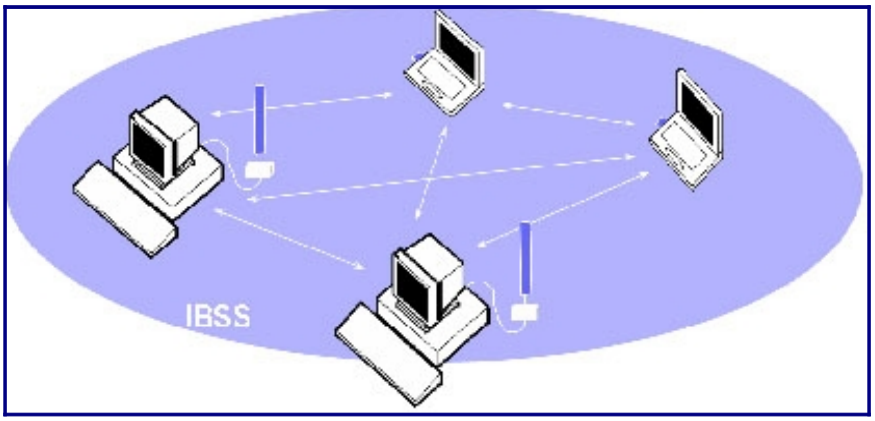


Figura 3: Conjunto de Servicios Básicos Independientes

5.2 Infraestructura (BSS)

Contrario al modo *ad hoc* donde no hay un elemento central, en el modo de infraestructura hay un elemento de “coordinación”: un punto de acceso o estación base. Si el punto de acceso se conecta a una red Ethernet cableada, los clientes inalámbricos pueden acceder a la red fija a través del punto de acceso. Para interconectar muchos puntos de acceso y clientes inalámbricos, todos deben configurarse con el mismo SSID. Para asegurar que se maximice la capacidad total de la red, no

configure el mismo canal en todos los puntos de acceso que se encuentran en la misma área física. Los clientes descubrirán (a través del escaneo de la red) cuál canal está usando el punto de acceso de manera que no se requiere que ellos conozcan de antemano el número de canal.

En redes IEEE 802.11 el modo de infraestructura es conocido como Conjunto de Servicios Básicos (BSS – Basic Service Set). También se conoce como Maestro y Cliente.

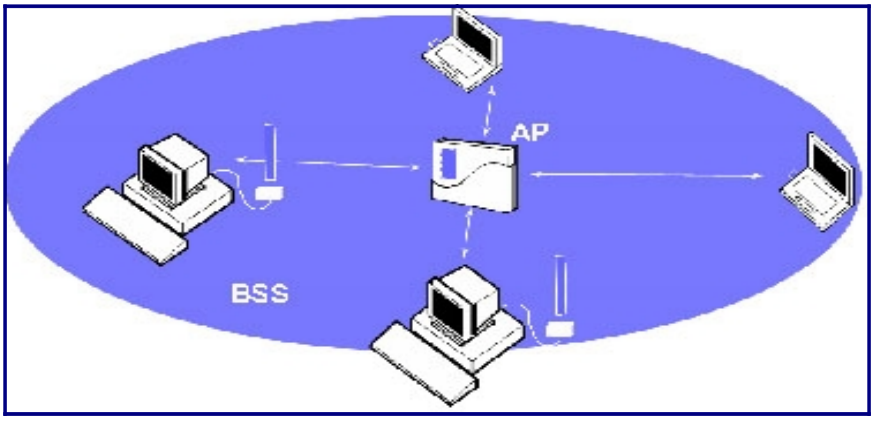


Figura 4: Conjunto de Servicios Básicos

5.2.1 Caso 1: Estrella

La topología de estrella es con mucho, la infraestructura más común en redes inalámbricas. Es la tecnología típicamente usada para un "*hotspot*" (punto de conexión a Internet), por ejemplo en aeropuertos o telecentros. Esta topología es la disposición típica de un WISP (Wireless Internet Service Provider). A menudo este tipo de redes se combina en árboles o con elementos de otras topologías.

Configuración	**Punto de acceso / Gateway**	**Nodo x1**
Modo	Infraestructura	Infraestructura
SSID	Defina MI_SSID	Conectar a MI_SSID
Canal	Defina el canal x	Descubre el canal
Dirección IP	Normalmente tiene un servidor DHCP (Si cuenta con características de enrutamiento)	Normalmente toma la IP que se le asigna por DHCP

Tabla 4: Configuración típica de una topología en estrella

5.2.2 Caso 2: Punto a Punto(PtP)

Los enlaces punto a punto son un elemento estándar de la infraestructura inalámbrica. A nivel de topología estos pueden ser parte de una topología de estrella, de una simple línea entre dos puntos u otra topología. Un enlace punto a punto puede establecerse en modo *ad hoc* o infraestructura.

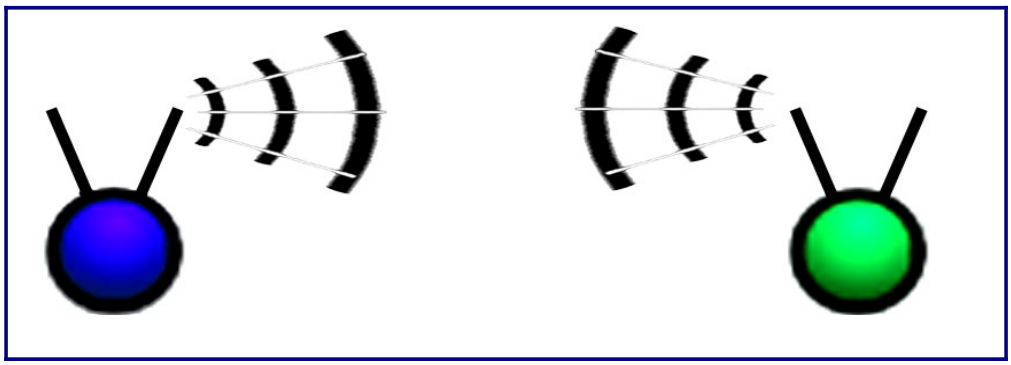


Figura 5: Un enlace punto a punto en modo *ad hoc* o infraestructura

Configuración	**Nodo 1**	**Nodo 2**
Modo	Cualquiera	Cualquiera
SSID	MI_SSID	MI_SSID
Canal	Cualquiera	Cualquiera
Dirección IP	Normalmente fija	Normalmente fija
Dirección MAC	Podría referirse a la MAC del otro nodo	Podría referirse a la MAC del otro nodo

Tabla 5: Una configuración típica de un enlace punto a punto. El modo puede ser *ad hoc* o infraestructura, pero los dos nodos deben utilizar el mismo modo y el mismo número de canal.

Para enlaces punto a punto de largas distancias se deben configuar opciones inalámbricas avanzadas para lograr un mejor funcionamiento.



Figura 6: Para enlaces punto a punto de largas distancias

5.2.3 Caso 3: Repetidores

El uso de repetidores se hace necesario generalmente cuando existen obstrucciones en la línea de vista directa o hay una distancia muy larga para un solo enlace. En una red cableada, el dispositivo equivalente a un repetidor inalámbrico es un concentrador (hub).



La configuración del repetidor depende de factores específicos de hardware y software y es difícil hacer una descripción genérica para este asunto.

La unidad repetidora puede consistir en uno o dos dispositivos físicos y tener uno o dos radios. Un repetidor también puede ser visto como un cliente que cumple funciones de receptor y un punto de acceso de retransmisión. Normalmente, el SSID debería ser el mismo para las tres unidades.

A menudo, además del SSID, el repetidores está enlazado a una dirección MAC.

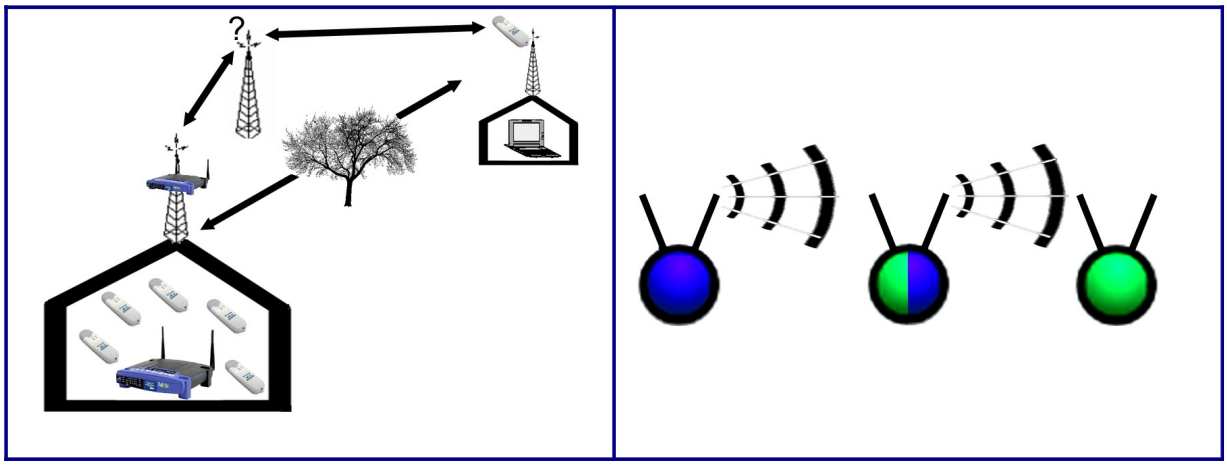


Figura 7: Dos ejemplos de infraestructura inalámbrica con repetidores

5.2.4 Caso 4: Malla

La topología de malla es una opción interesante principalmente en ambientes urbanos, aunque también en áreas remotas en donde es difícil implementar una infraestructura central. Esta topología se encuentra típicamente en redes municipales, campus universitarios y vecindarios.



Una red en malla es una red que emplea una de las dos distribuciones de conexión: topología de malla completa o de malla parcial. En la topología de malla completa, cada uno de los nodos se conecta directamente con todos los demás. En la topología de malla parcial, los nodos se conectan sólo a algunos de los otros nodos, no a todos.

Note que esta definición no menciona dependencias sobre algún parámetro de tiempo de manera que nada es necesariamente dinámico en una malla. Sin embargo, en los años recientes y en relación con redes inalámbricas, el término “malla” se usa a menudo como sinónimo de red “*ad hoc*” o “móvil”.

Todos los nodos de una malla deben tener el mismo software de enrutamiento de malla (protocolo) , pero pueden tener diferentes sistemas operativos y diferentes tipos de hardware.



La configuración de una red de malla depende del protocolo de enrutamiento de malla y de la implementación

La siguiente tabla muestra algunos parámetros típicos.

Opción	Nodo x1	Nodo x2
Modo	*ad hoc*	*ad hoc*
SSID	MI_SSID	MI_SSID
Canal	Canal x	Canal x
Dirección IP	Normalmente estática y definida manualmente	Normalmente estática y definida manualmente
Dirección MAC	Podría referirse a la MAC del otro nodo	Podría referirse a la MAC del otro nodo

Tabla 6: Configuración típica de una red de malla.

En una red de malla el uso de DHCP no es trivial, de manera que se recomienda el uso de direcciones IP estáticas. Los gateways requieren la configuración de opciones adicionales para anunciar su presencia. Este tema no se cubre en esta unidad.

6. Ejemplos de la vida real de infraestructura inalámbrica

En la vida real las redes inalámbricas son a menudo combinaciones de diferentes topologías. Aquí presentamos algunos ejemplos para su discusión.

Ejemplo1: Una red típica de oficina con una parte inalámbrica

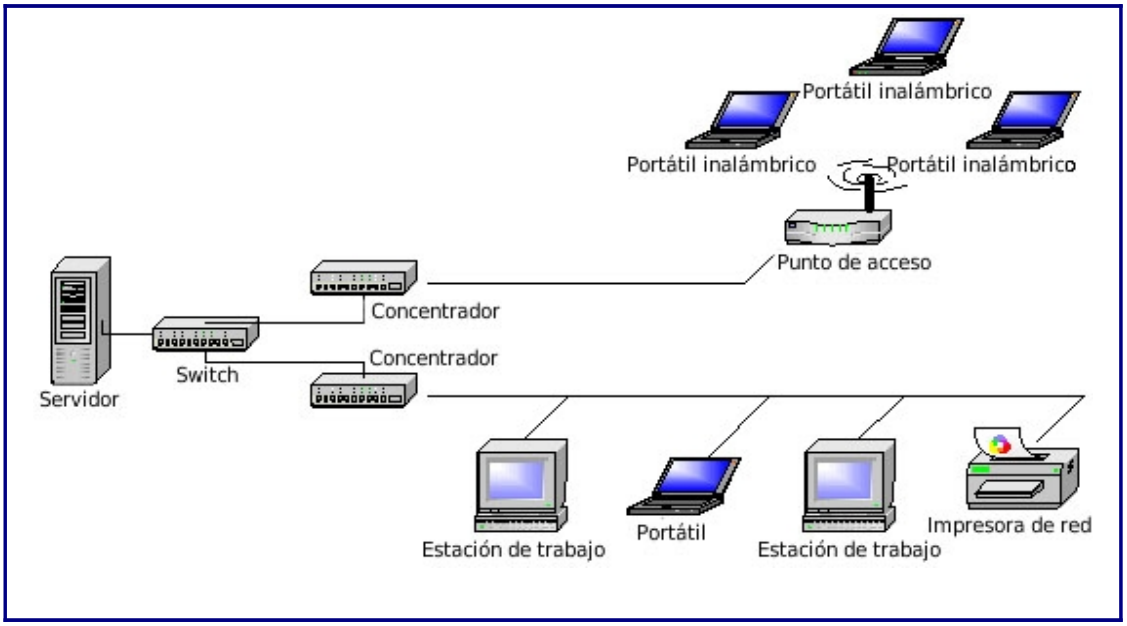


Figura 8: Red típica de oficina

Ejemplo 2: Red Teleinformática del Estado de Mérida

Esta red es un proyecto de Fundacite, buscaba extender los servicios de Internet a mayor velocidad, abarcando la mayoría de las poblaciones del estado.

El acceso a Internet es provisto desde las instalaciones de Fundacite, desde dónde se transmite la señal a la estación base de La Aguada, desde allí se extienden 3 espinas dorsales o backbones (Norte, Sur, Pueblos del Sur).

El backbone Sur esta compuesto por un enlace de 40 Km entre la Aguada y una estación repetidora ubicada en una montaña cercana al pueblo La Trampa. Desde la Trampa se extiende otro enlace de 41 km hasta Tovar, completando entonces un backbone de 81km.

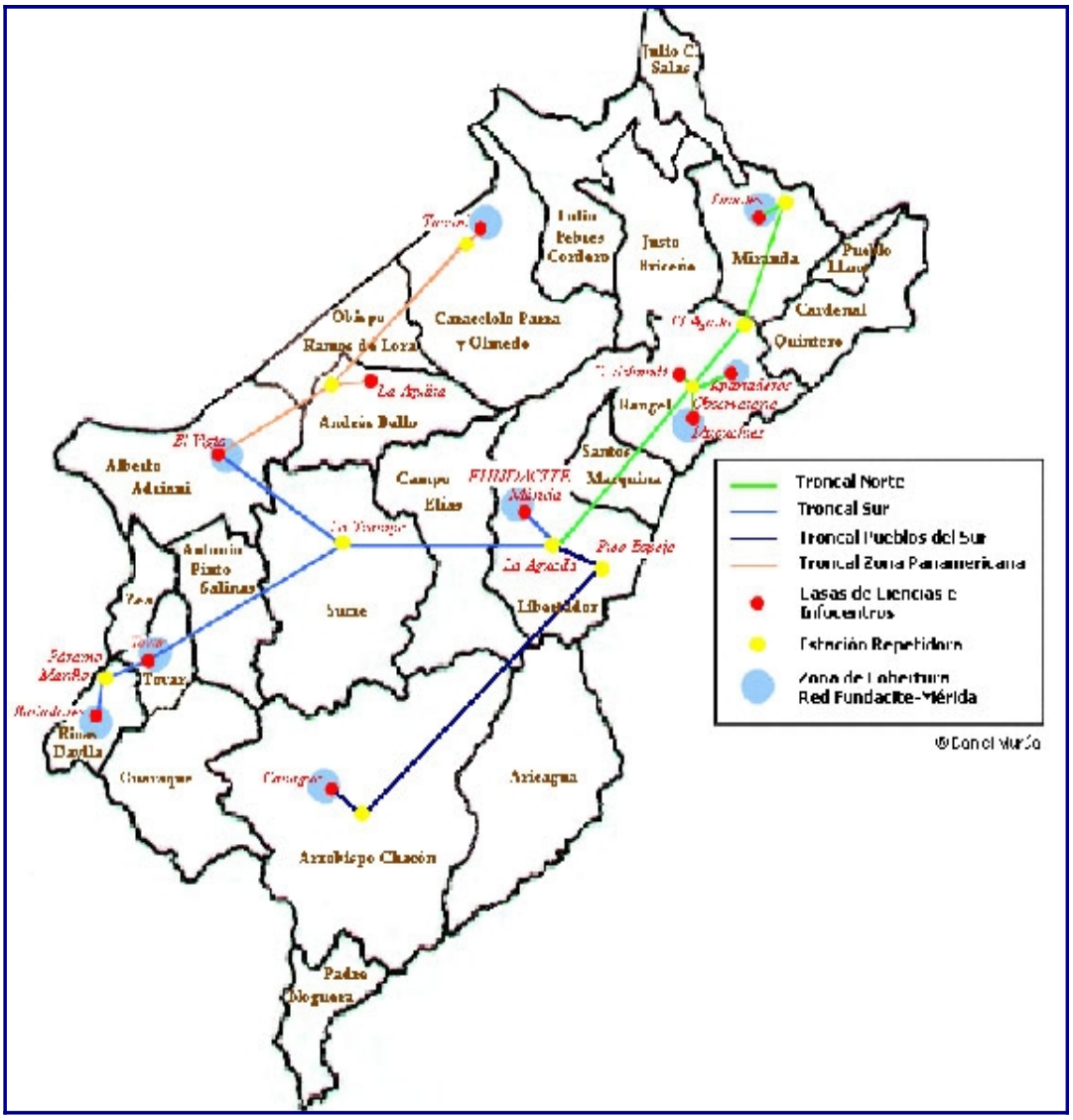


Figura 9: Red Teleinformática del Estado de Mérida

Ejemplo 3: Red inalámbrica de la Fundación Fantsuam, Kafanchan, Nigeria (proposal)

Observar en la figura 10:

Nodo rojo (FF): Centro de operaciones de la red (NOC - Network Operation Center) con conexión a Internet (VSAT)

Nodo verde: Clientes inalámbricos

Enlace naranja: Enlace punto a punto

Sector azul: Topología de estrella (SECT1) cubriendo 5 nodos

Sector rojo: Topología de estrella (SECT2) cubriendo 5 nodos

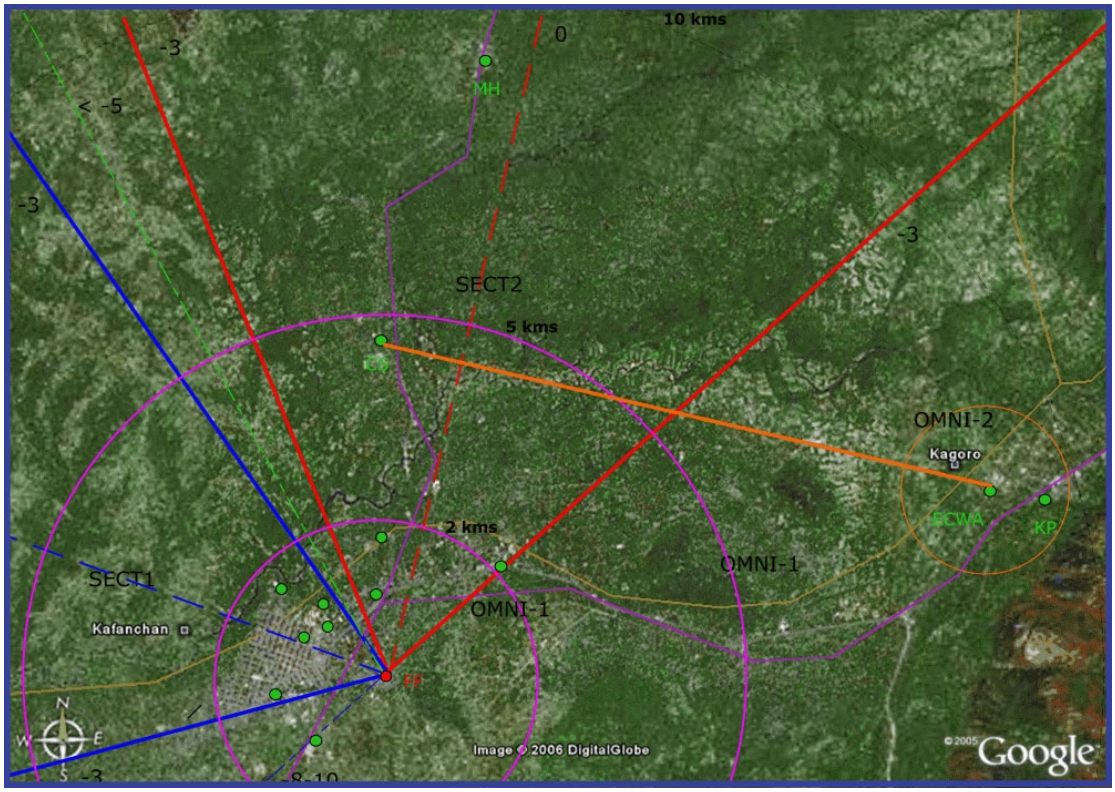


Figura 10: Red inalámbrica de la Fundación Fantsuam

Ejemplo 4: Red inalámbrica en el valle de Chancay, Huaral – Perú

Este proyecto buscaba proporcionar la infraestructura necesaria para facilitar el intercambio de información entre los agricultores de la zona y el uso del "Sistema de Información Agraria de Huaral"

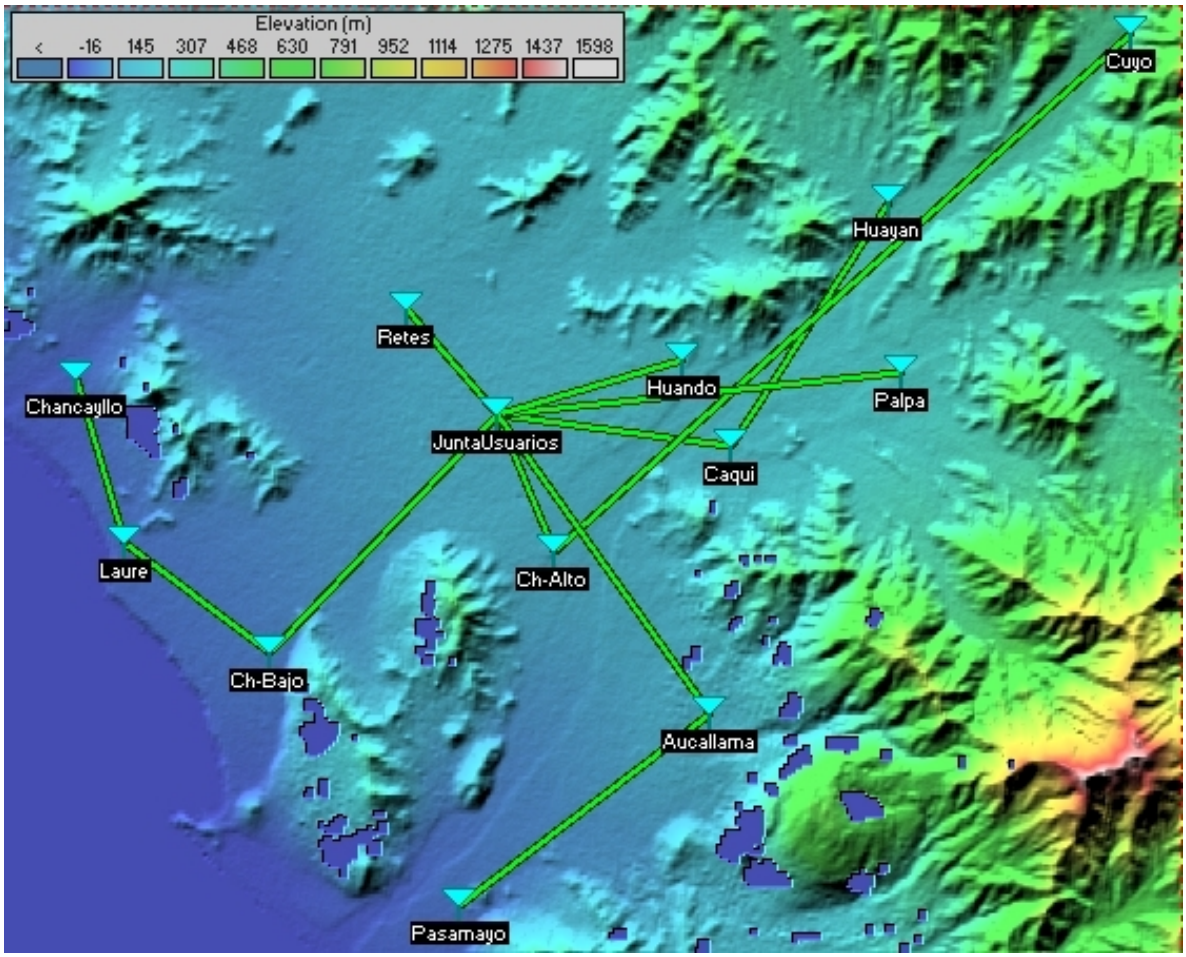


Figura 11: Red inalámbrica en el valle de Chancay, Huaral – Perú

El punto central se encuentra en el área urbana del valle, en dónde la oficina de la Junta de Usuarios de Huaral cuenta con acceso a servicios de Internet a través de aDSL. Desde alli se planearon enlaces a cada una de las 11 comisiones en la frecuencia de 2,4 Ghz utilizando equipos para interiores protegidos para trabajo en exteriores.

Debido a la distancia de 18.9Km para el enlace entre Chancay Alto y Cuyo, además de la escaza línea de vista entre los puntos, se utilizó en este tramo una frecuencia de 900MHz que permite aminorar la pérdida.

Ejemplo 5: Esquema de la topología de red de una práctica de laboratorio

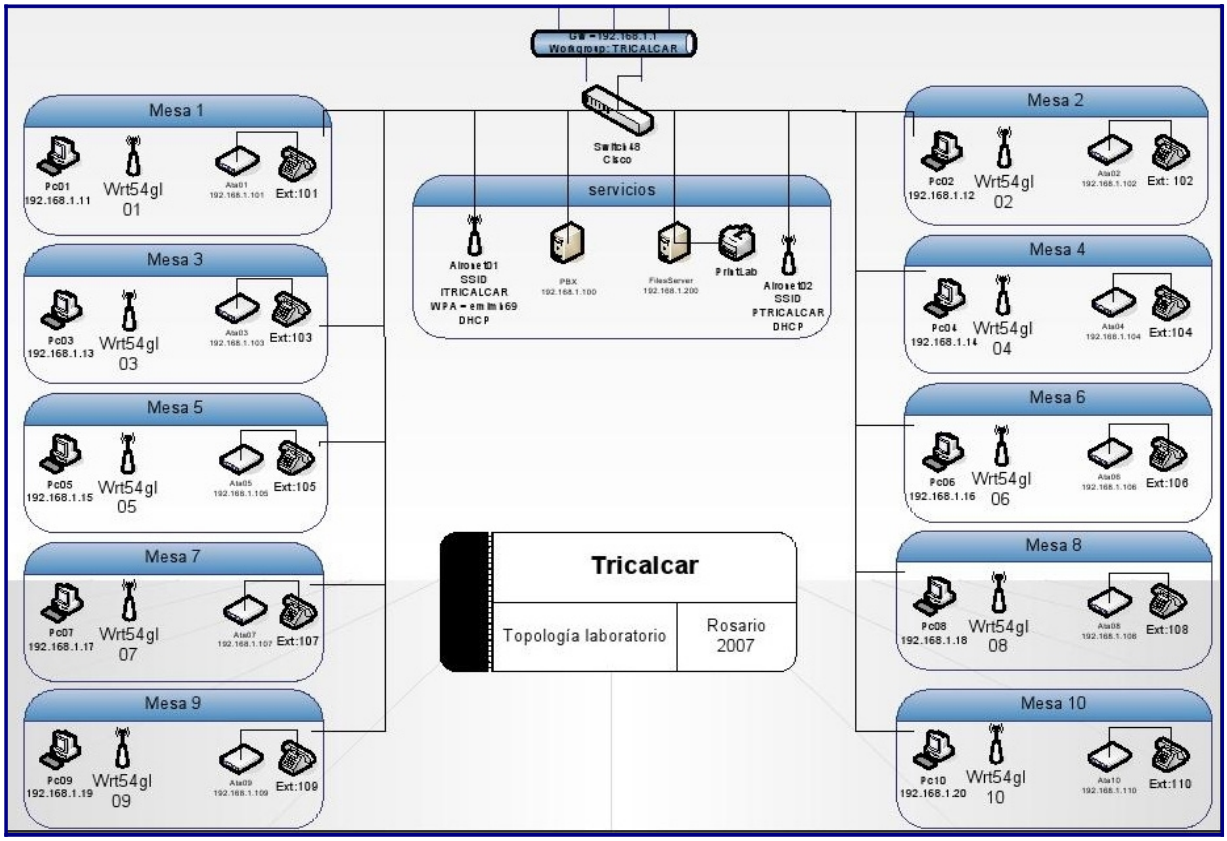


Figura 12: Topología de red de una práctica de laboratorio

Esta es la disposición de un laboratorio con equipos para telefonía IP y enrutadores WRT54GL conectados a computadoras de escritorio. Aquí se indican las direcciones IP asignadas a cada equipo. Con estos dispositivos y dependiendo de la configuración de los enrutadores es posible implementar diferentes tecnologías de red: estrella, malla, etc.

7. Conclusiones

La topología de una red define la distribución física y lógica de la conexión entre sus nodos. Dependiendo del propósito y naturaleza de una red, una topología puede ser más apropiada que otra. Antes de decidir la topología de su red, usted debe tener claramente definidos los puntos siguientes:

- ¿La red debe ser escalable o se debe diseñar sólo para algunos nodos?
- ¿La eficiencia de los costos es más importante que la confiabilidad y la redundancia?

- ¿Qué rango de cobertura se requiere?
- ¿Para cúantos nodos?
- ¿Cómo es el terreno del sitio en donde se implementará?

Todas estas preguntas y muchas más, deben ser consideradas en el proceso de diseño de la topología de una red cableada o inalámbrica.

Los cinco puntos principales a recordar de esta unidad se pueden resumir como sigue:

1. La mayoría de las implementaciones de redes inalámbricas están basadas en: Topología de estrella, árbol, línea (repetidores).
2. Una implementación típica de red inalámbrica incluye:
   - Puntos de acceso y/o enrutadores.
   - Clientes inalámbricos (computadores portátiles, PDA, equipos de vigilancia, teléfonos inalámbricos de VoIP).
3. La implementación se puede realizar de dos modos: *ad hoc* o infraestructura.
4. La configuración básica incluye: Modo, Identificador de la red, Canal, IP (para características de gestión y enrutamiento) y dirección(es) MAC (opcional).
5. Muchas de las implementaciones inalámbricas se basan en más de una topología.

8. Recursos adicionales

8.1 En línea

General

Wikipedia

http://en.wikipedia.org/wiki/Network_topology

Último acceso: 14 de Marzo de 2005.

http://es.wikipedia.org/wiki/NAT

Último acceso: 5 de Octubre de 2007.

http://www.ibh.de/netglossary/net_02.htm

Último acceso: 1 de Octubre de 2007.

http://www.comptechdoc.org/independent/networking/guide/netipmasq.html

Último acceso: 5 de Octubre de 2007.

Instalación práctica de redes inalámbricas

http://www.seattlewireless.net

http://www.freenetworks.org

Último acceso: 14 de Marzo de 2005.

Puntos de inicio esenciales para la implementación de redes inalámbricas.

8.2 Libros/artículos

General

Tanenbaum. Andrew S . **Computer Networks**.

ISBN 0130661023.

Clásico en redes de computadoras en general.

Implementación de redes inalámbricas

Building Wireless Community Networks

Por Rob Flickenger

Publicado: O'Relly; Segunda edición (Junio de 2003).

ISBN: 0-596-00502-4

Standard introduction to all aspects of wireless community networking.

Introducción estándar a todos los aspectos referentes a implementación de redes inalámbricas comunitarias.

802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide

por Gast. Matthew

Publicado:. O'Reilly; Primera edición (Abril de 2002)

ISBN: 0-596-00183-5

Wireless Los mejores trucos

por Rob Flickenger

Publicado: O'Relly; Anaya Multimedia

ISBN: 84-415-1647-2, 2004

9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución- No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:´

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de éste, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 Abril 2007. Traducido por Colnodo.

Unidad 04



Topología e Infraestructura básica de Redes Inalámbricas

Desarrollado por
Sebastian Buettrich, wire.less.dk
Alberto Escudero Pascual, IT +46
Editado y presentado por Javier Triviño

Objetivos



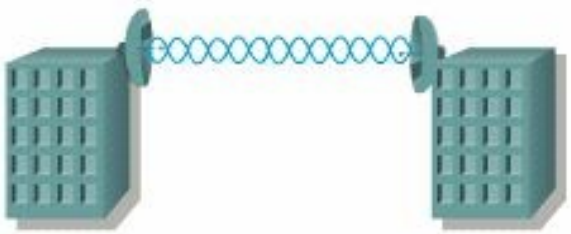
- Conocer las topologías de redes inalámbricas más comunes
- Identificar y planear topologías apropiadas para escenarios reales
- Dar una breve introducción a la implementación práctica de redes

Tabla de Contenidos

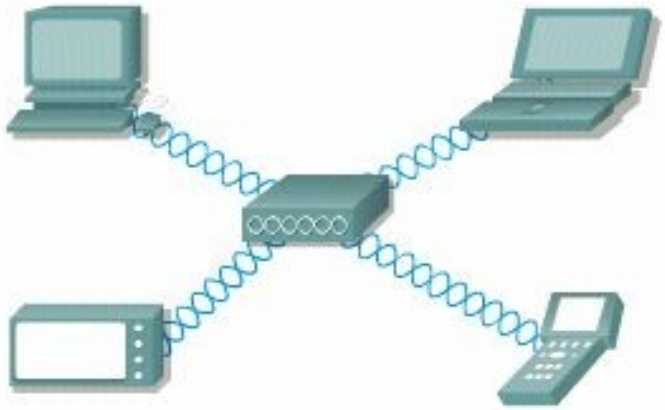


- Topologías básicas de redes
- Topologías para redes inalámbricas
- Componentes inalábricos
- Modos inalámbricos
- Casos prácticos
  - Ad hoc, Estrella, PtP, Repetidores y Malla
- Ejemplos de la vida real

Topologías de la red



Enlace inalámbrico Punto a Punto
y Multipunto



LAN inalámbrica

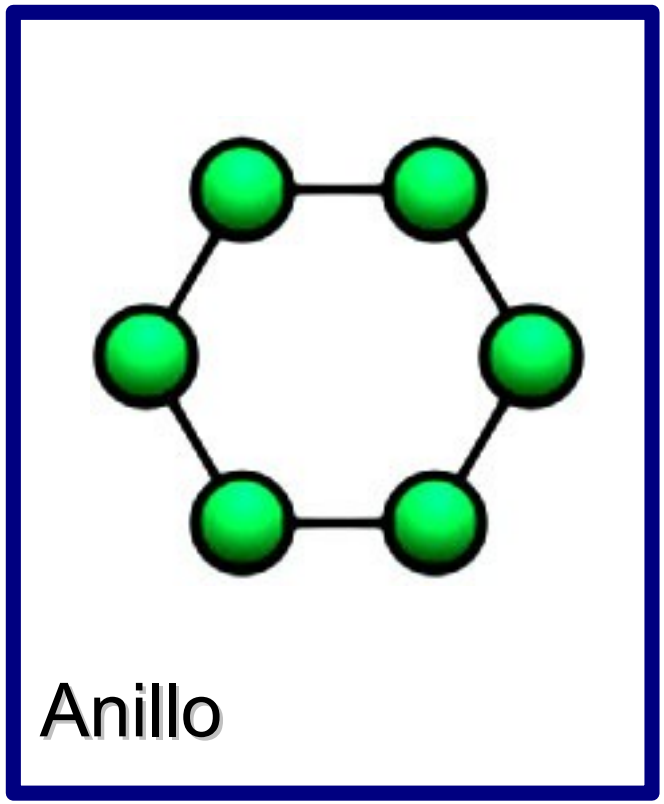


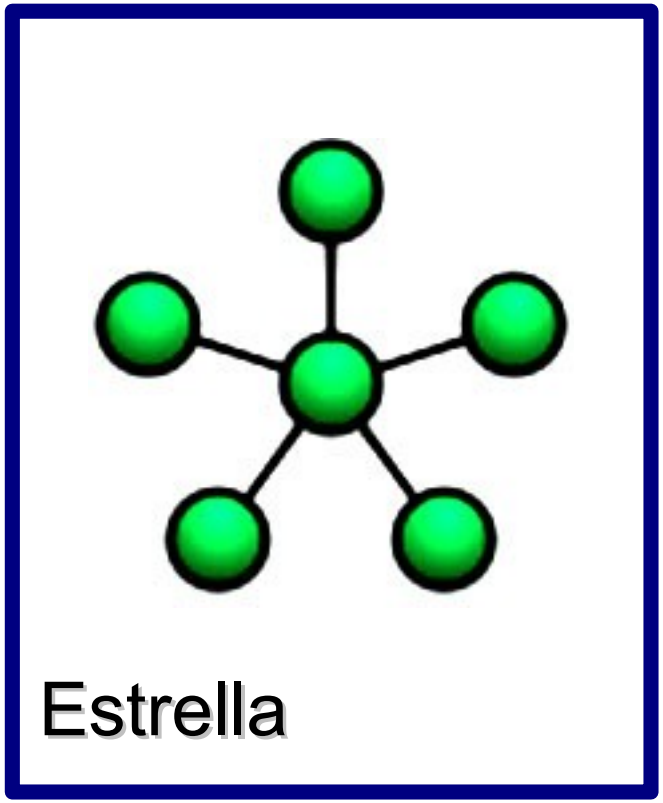
Bucle local inalámbrico



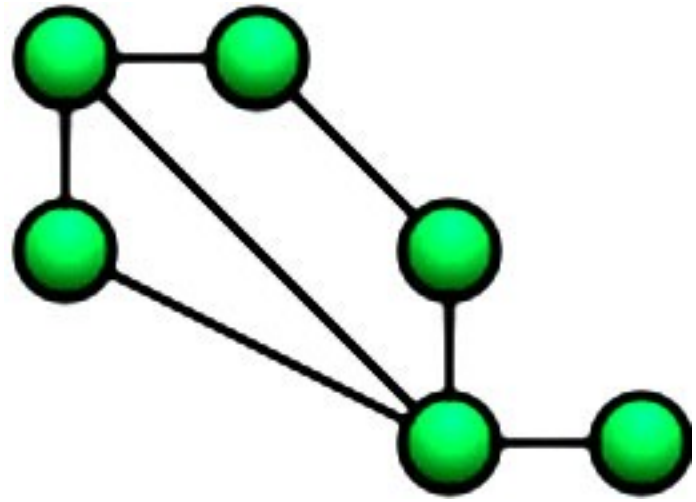
Telefonía celular Voz y Datos

Topologías Básicas de Red

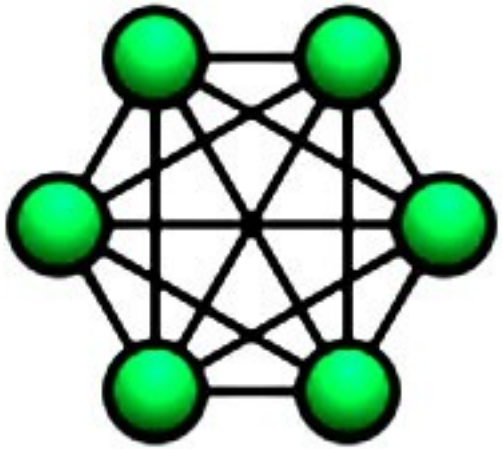




Topologías Básicas de Red

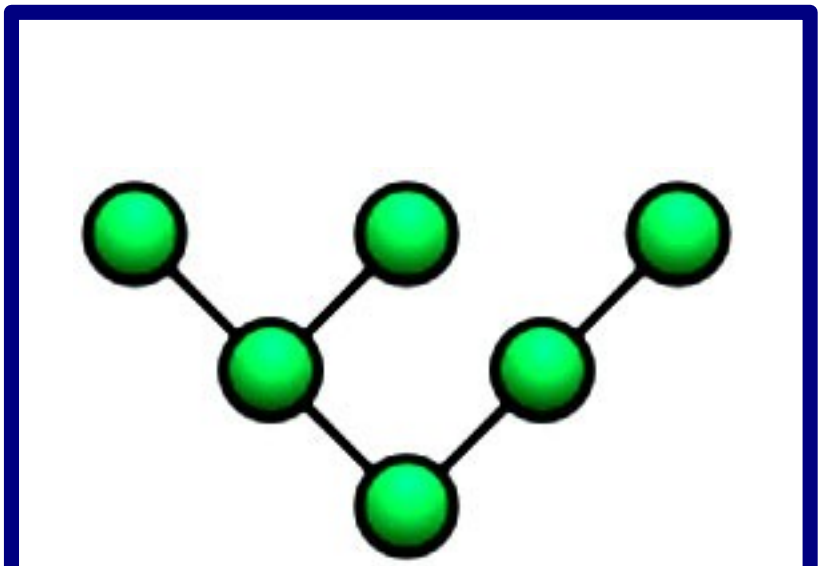


Malla Parcial

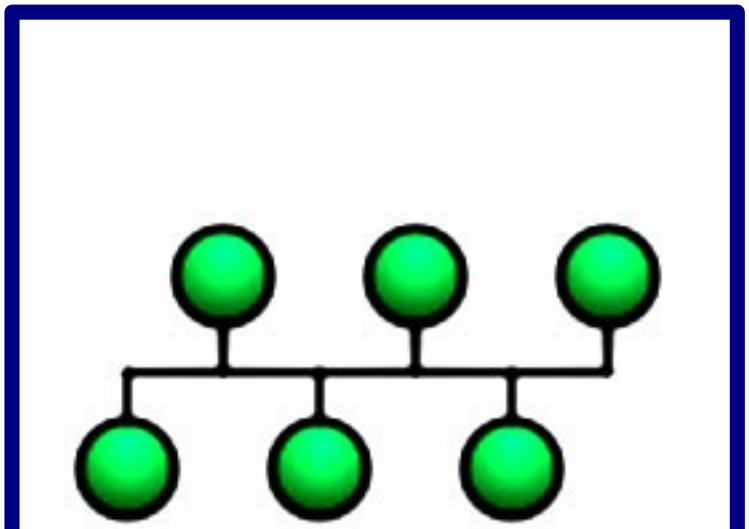


Malla Completa

Topologías Básicas de Red

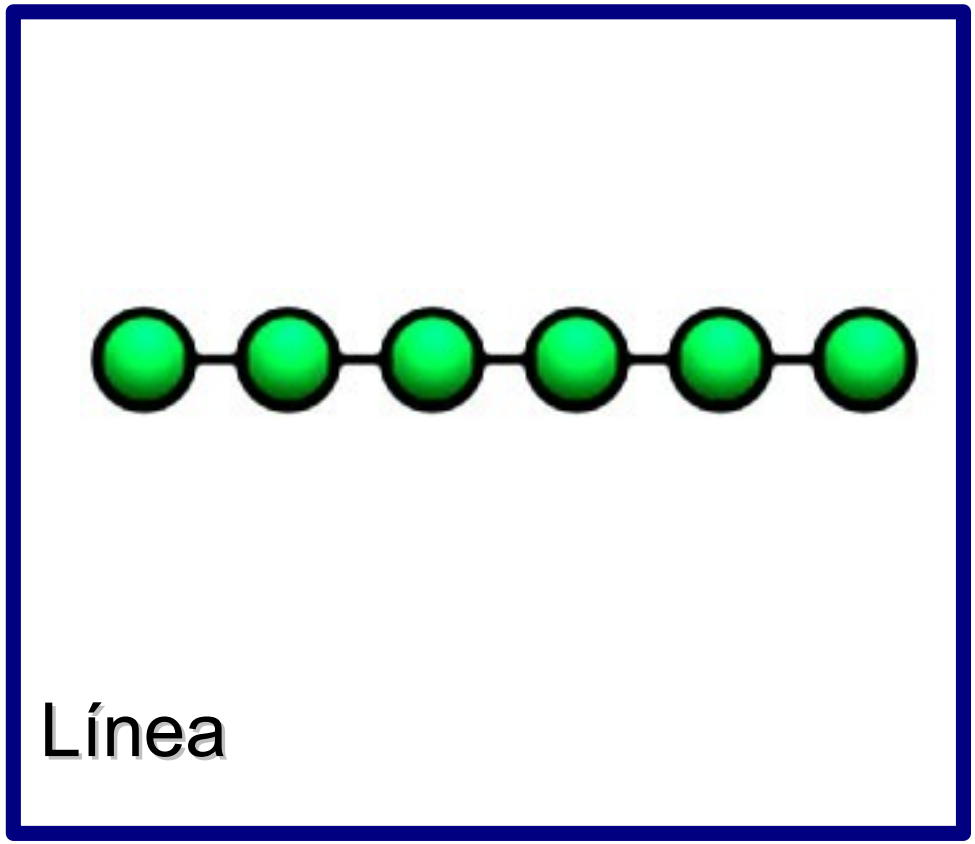


Árbol



Bus

Topologías Básicas de Red



Algunas observaciones generales



- Medio de comunicación -> no guiado:
  - Las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio físico, el medio son las ondas de radio frecuencia
  - Las ondas de radio viajan y pueden ser obstruidas por obstáculos presentes en su trayecto, por lo tanto se buscan alternativas y hacemos combinaciones de topología de red

Algunas observaciones generales



- La comunicación inalámbrica siempre se hace en dos vías:
  - Excepto para monitoreo pasivo
  - Aplica a transmisores/receptores, clientes/maestros

Componentes de redes inalámbricas

- Puntos de acceso
  - Transmisor/Receptor inalámbrico que actúa como puente entre los nodos de la red inalámbrica y la red cableada
  - IEEE 802.11 + Conexión Ethernet cableada



Componentes de redes inalámbricas

- Clientes inalámbricos:
  - Cualquier computador con una tarjeta adaptadora de red inalámbrica











Componentes de redes inalámbricas

- Portátiles, PDA, equipos de vigilancia, teléfonos inalámbricos de VoIP









Modos básicos de redes inalámbricas



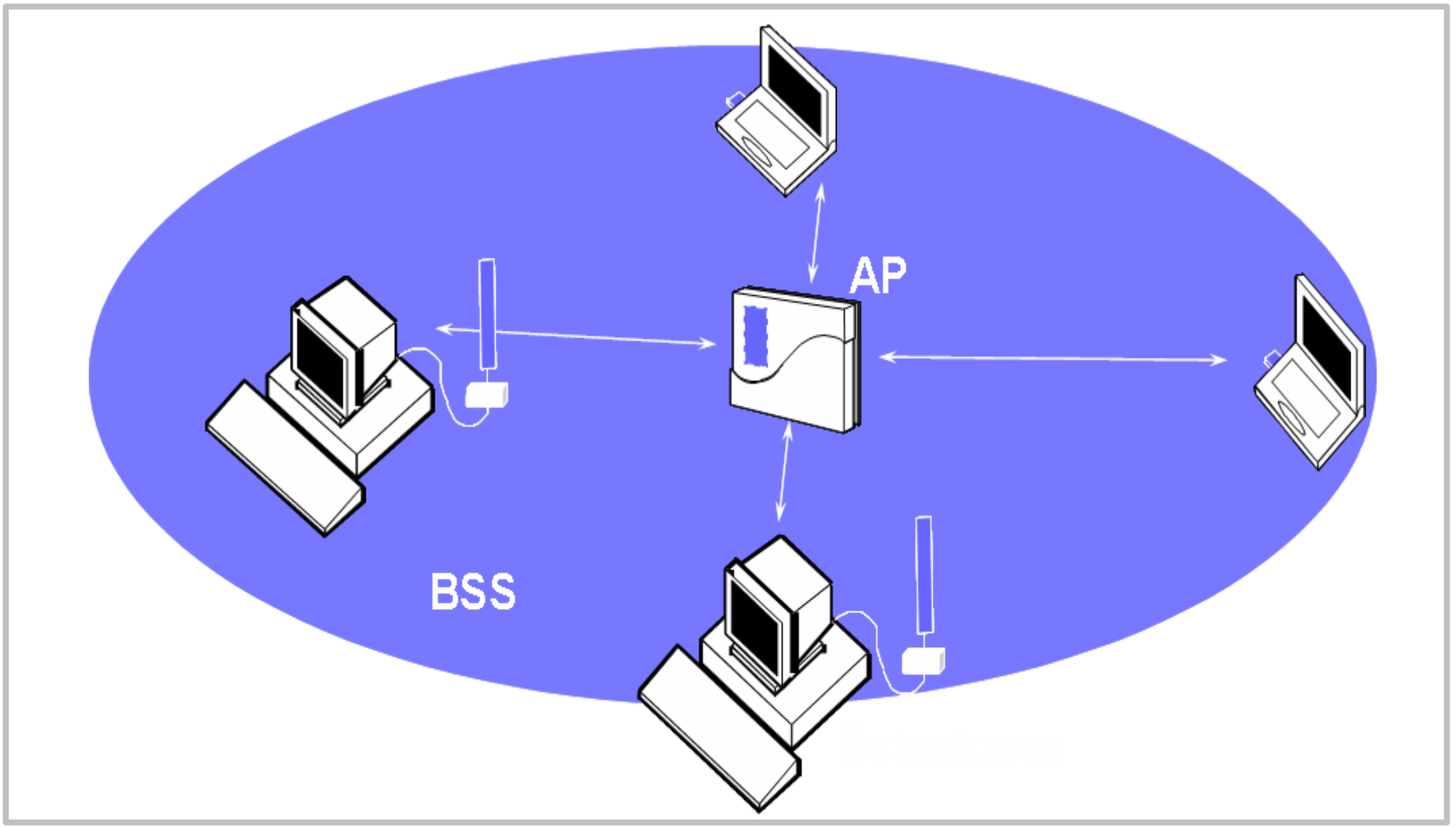
1. Infraestructura (BSS)
2. Ad Hoc (IBSS)

Modo 1: Infraestructura



- Conjunto de Servicios extendidos (ESS)
- Se necesita un punto de acceso central
- “Conecta” una WLAN a una red Ethernet
- Los clientes y puntos de acceso deben usar el mismo SSID
- El canal es configurado en el punto de acceso y descubierto por los clientes
- Escalable

Infraestructura BSS

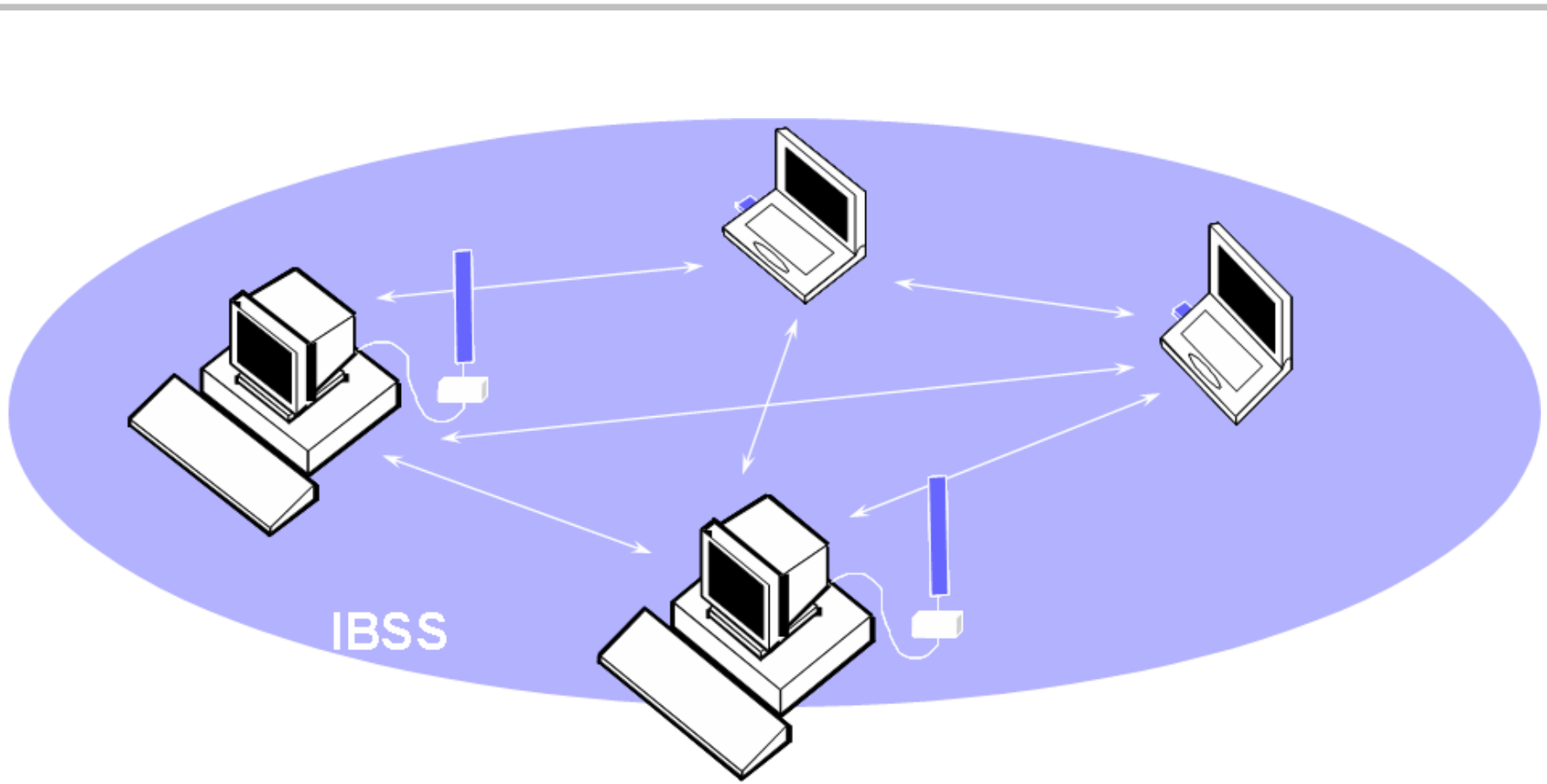


Modo 2:
Ad hoc (Peer-to-peer)

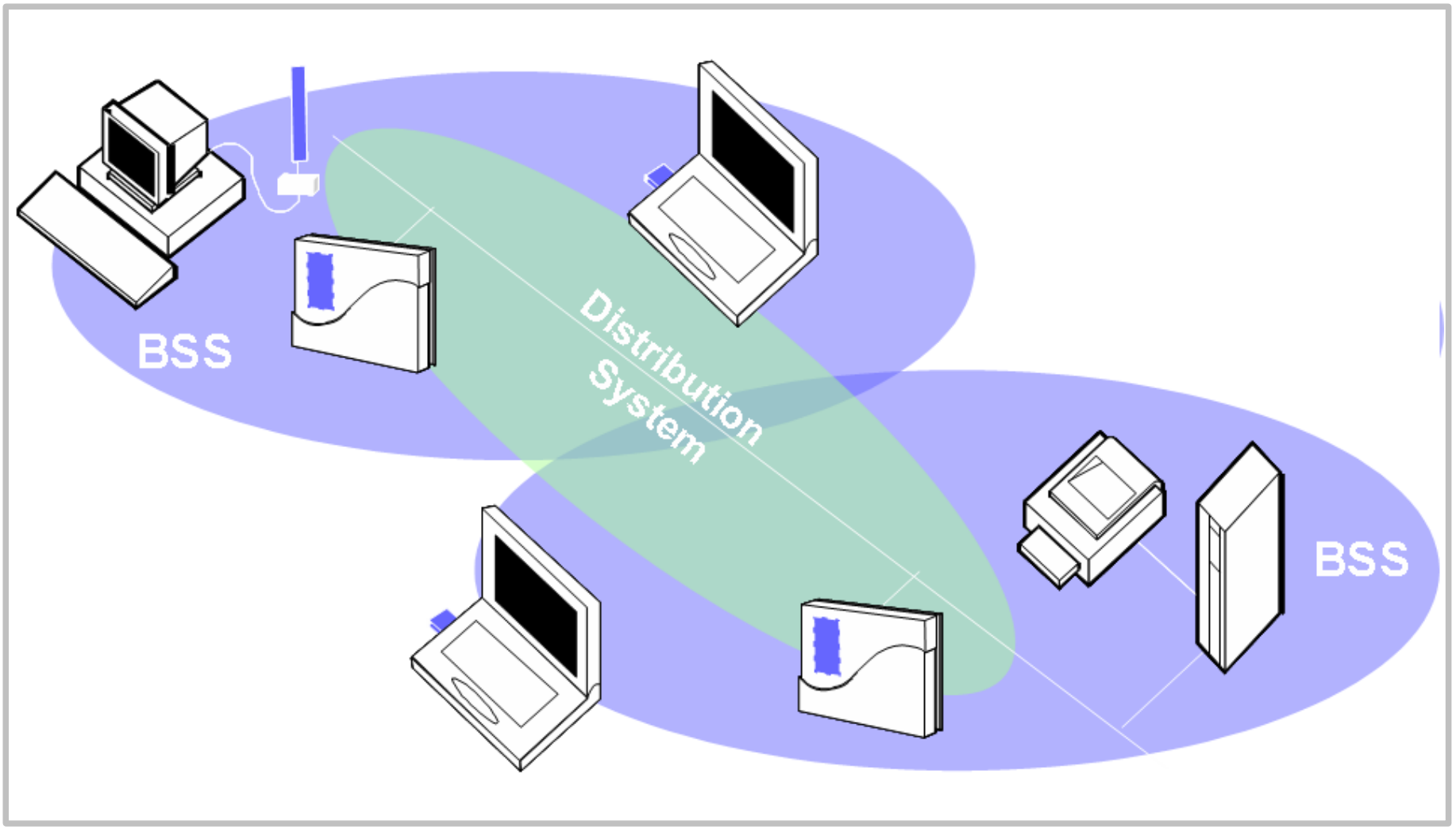


- Conjunto de servicios básicos independientes (IBSS)
- No requiere de un punto de acceso central
- Todos los nodos deben usar el mismo SSID y canal
- No escalable

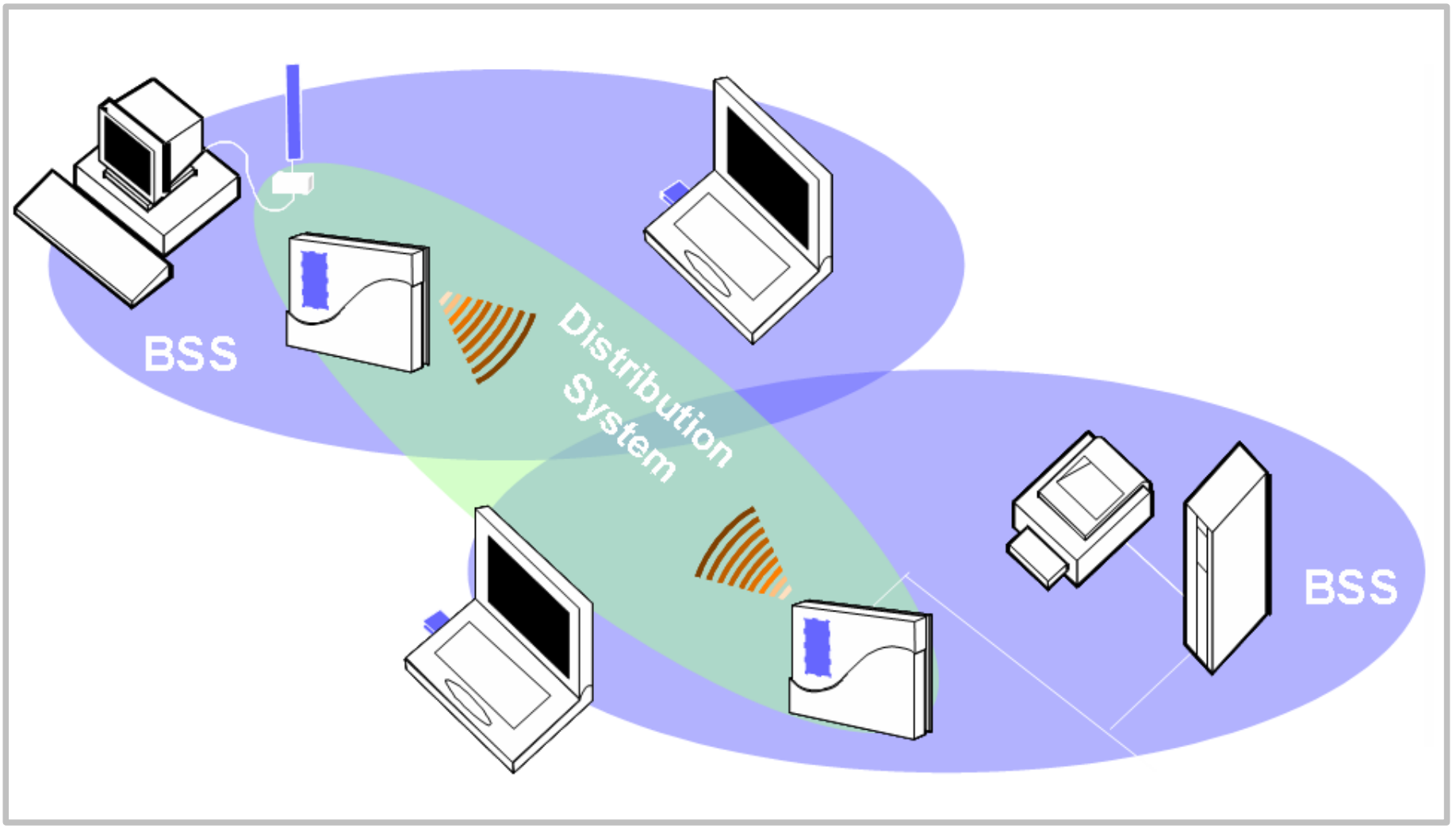
Modo Ad hoc



Sistemas de distribución



Sistemas de distribución

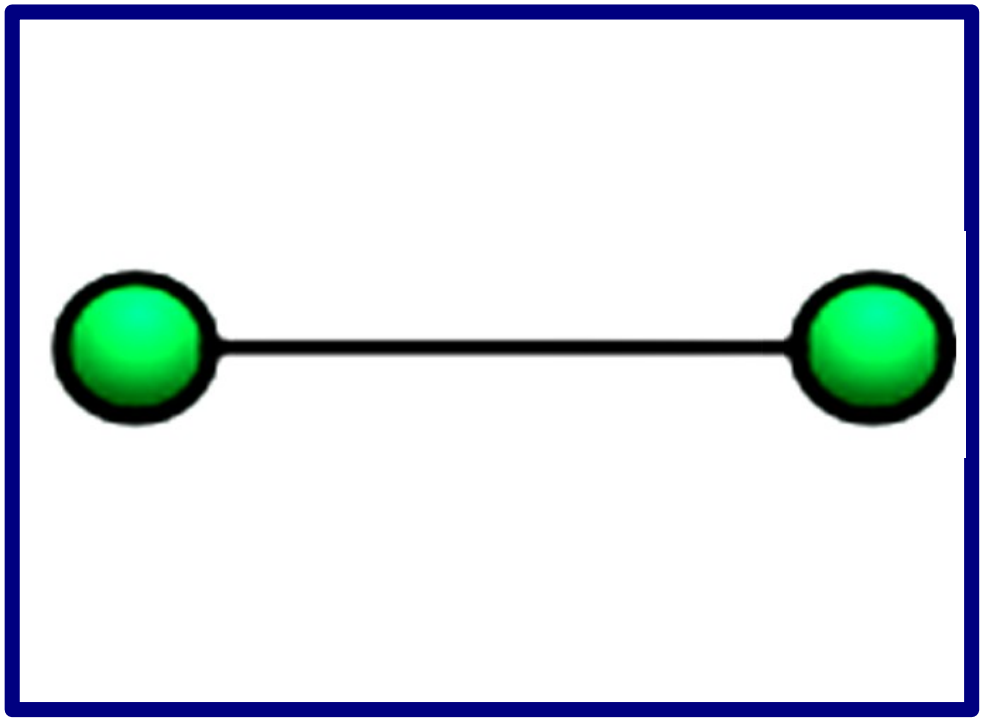


Observaciones sobre los Modos inalámbricos



- En los dos Modos, el SSID identifica la red
- Considere el SSID como la “etiqueta” de un punto Ethernet sobre la pared
- Los modos de operación se pueden ocultar y podrían no ser perceptibles en una topología (Deseable -> SSID Broadcast)
- Por ejemplo: Un enlace PtP puede ser ad hoc o infraestructura

Ad hoc Caso 1: Punto a Punto



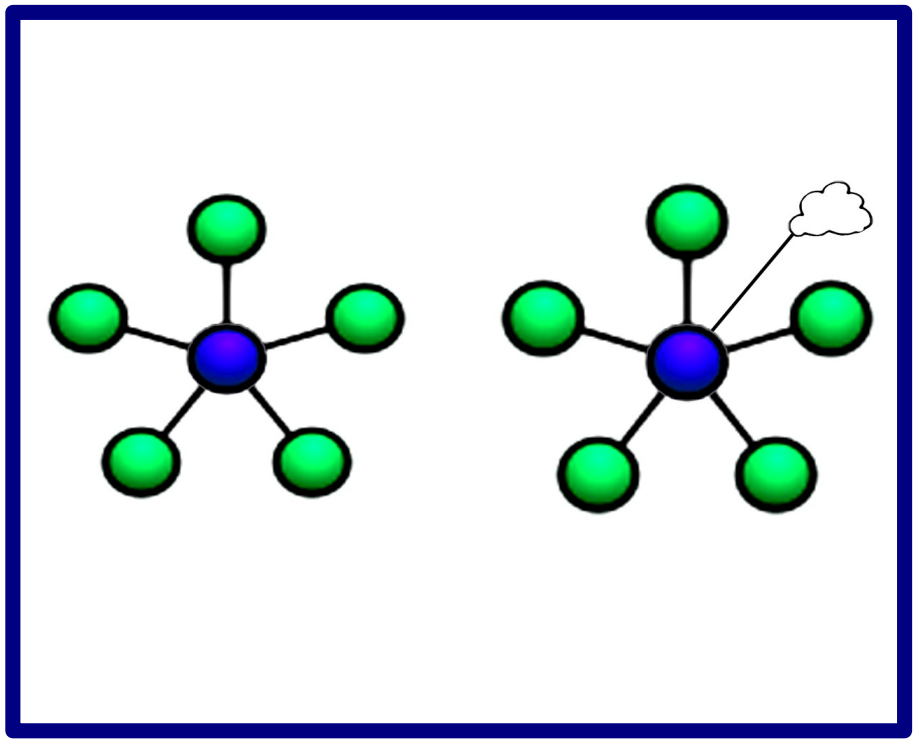
- Conecta directamente dos clientes inalámbricos
- Edificio a edificio
- Dentro de una oficina

Ad hoc Caso 1: Punto a Punto



Configuración	Nodo 1	Nodo 2
Modo	ad hoc	ad hoc
SSID	MY_SSID	MY_SSID
Canal	Debe ser convenido y conocido por todos	Debe ser convenido y conocido por todos
Dirección IP	Normalmente fija	Normalmente fija

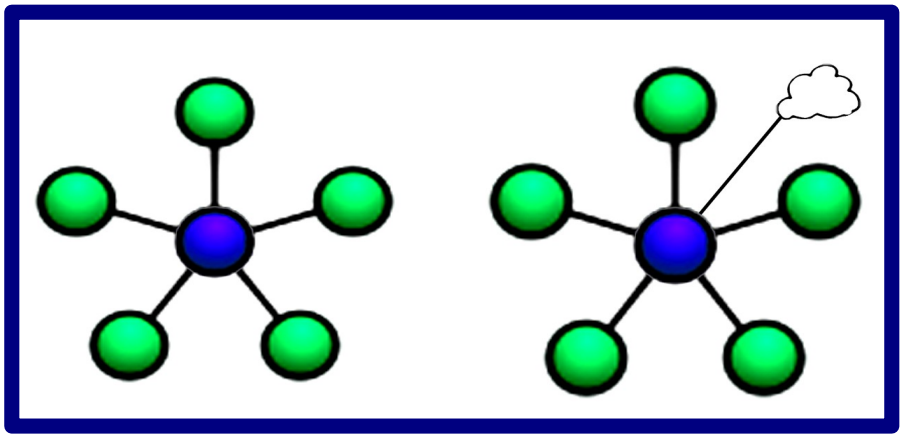
Infraestructura Caso 1: Estrella



- Hotspots, Telecentros, Oficinas y WISP's
- Punto a multi-punto
- La infraestructura más común en redes inalámbricas

Infraestructura Caso 1: Estrella

Configuración	Punto de acceso/Gateway	Nodo x
Modo	Infraestructura	Infraestructura
SSID	Defina MY_SSID	Conectar a MY_SSID
Canal	Defina el canal x	Descubre el canal del AP
Dirección IP	Normalmente tiene un servidor DHCP	Normalmente obtiene la IP asignada por DHCP



Infraestructura Caso 2: Punto a Punto





- Elemento estándar de la infraestructura de redes inalámbricas
- Un enlace PtP puede ser parte de:
  - una estrella,
  - un árbol,
  - un enlace entre dos puntos
  - otra topología

Infraestructura Caso 2: Punto a Punto



Configuración	Nodo 1	Nodo 2
Modo	Cualquiera	Cualquiera
SSID	MY_SSID	MY_SSID
Canal	Fija el canal	Descubre el canal
Dirección IP	Normalmente fijo	Normalmente fijo
Dirección MAC	Se deberia fijar a la MAC del otro nodo	Se deberia fijar a la MAC del otro nodo

Infraestructura Caso 3: Repetidores



- Si no existe línea de vista directa o la distancia es muy larga se deben implementar repetidores

Infraestructura Caso 3: Repetidores



- La unidad repetidora consta de: uno o dos dispositivos físicos (radios y “antenas aisladas”)
- Se puede ver como “un cliente receptor y un punto de acceso para retransmitir”

Infraestructura Caso 4: Malla



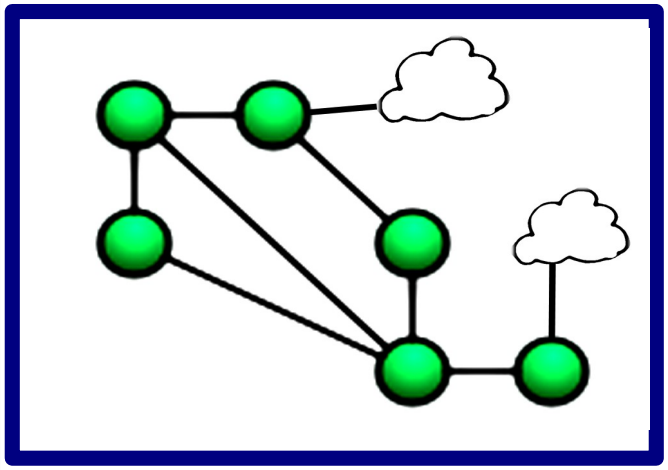
- La topología de malla es una opción interesante sobre todo en:
  - Ambientes dinámicos (áreas urbanas) donde es difícil implementar una infraestructura central
  - Cuando se desea redundancia
- Casos típicos: redes municipales, campus universitarios y vecindarios

Infraestructura Caso 4: Malla



- Topología de malla completa (cada nodo está conectado directamente con todos los otros nodos)
- Topología de malla parcial (cada nodo está conectado directamente a algunos de los otros nodos, no a todos)
- Nada en una malla es necesariamente dinámico
- Usada como sinónimo de red “ad hoc” o “móvil"

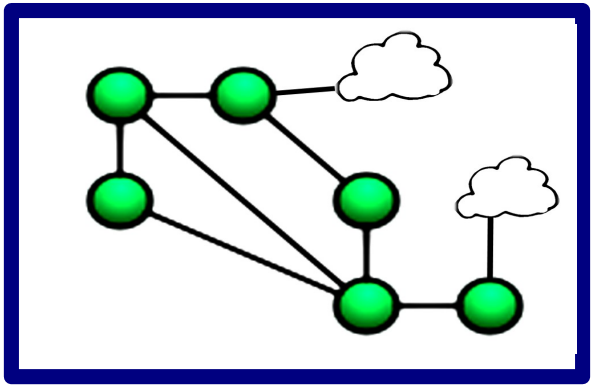
Infraestructura Caso 4: Malla



- Todos los nodos de la malla deben correr el mismo protocolo de malla
- Los nodos pueden tener diferentes sistemas operativos y tipos de hardware mientras cumplan con la especificación del protocolo de malla

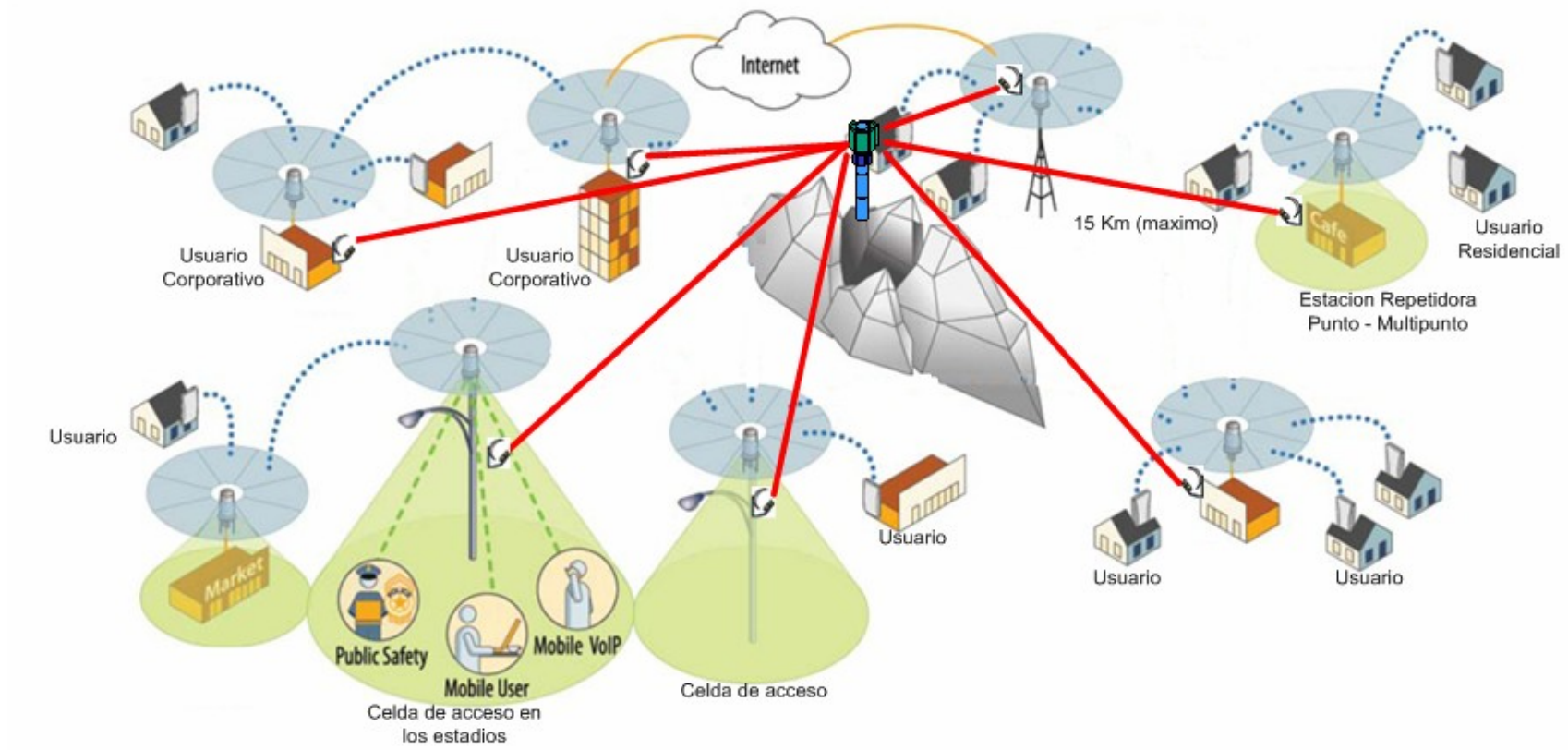
Infraestructura Caso 4: Malla

Configuración	Nodo x1	Nodo x2
Modo	ad hoc	ad hoc
SSID	MY_SSID	MY_SSID
Canal	Canal x	Canal x
Dirección IP	Normalmente estática y definida manualmente	Normalmente estática y definida manualmente
Dirección MAC	Normalmente estática y configurada manualmente	Normalmente estática y configurada manualmente





Combine tecnologías y modos de operación

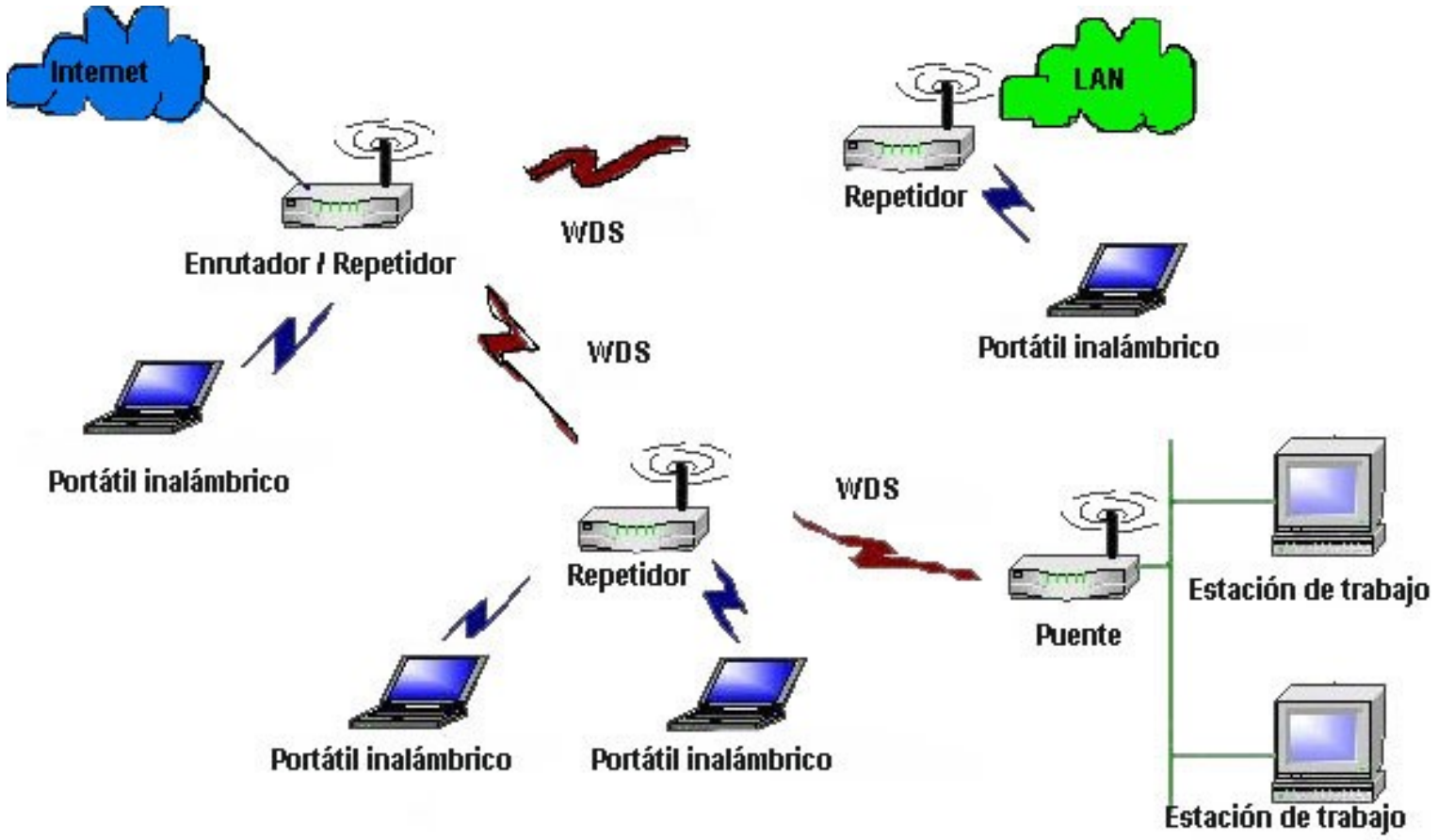


Ejemplos de la vida real de infraestructura inalámbrica

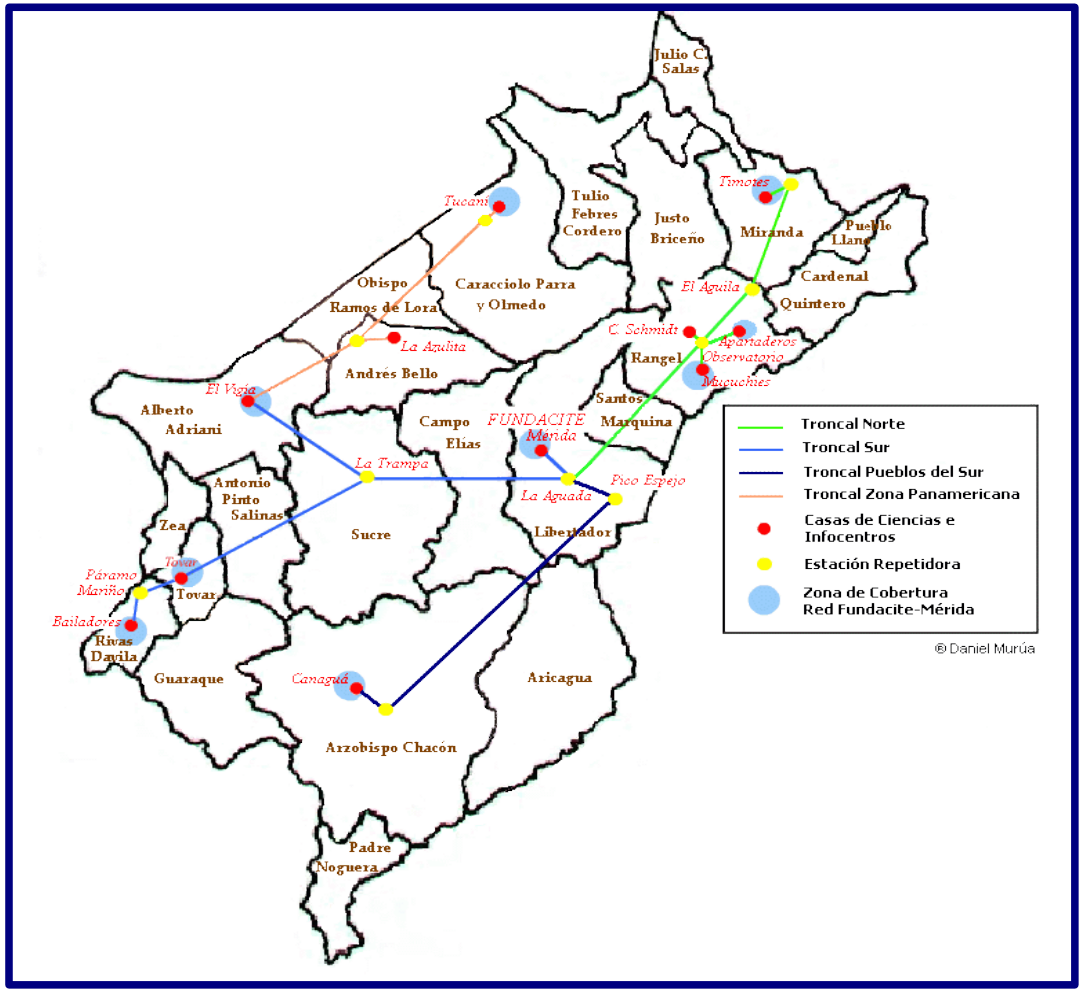


- En la vida real, las redes inalámbricas son a menudo combinaciones de más de una topología
- Las representaciones gráficas son totalmente arbitrarias y difieren unas de otras

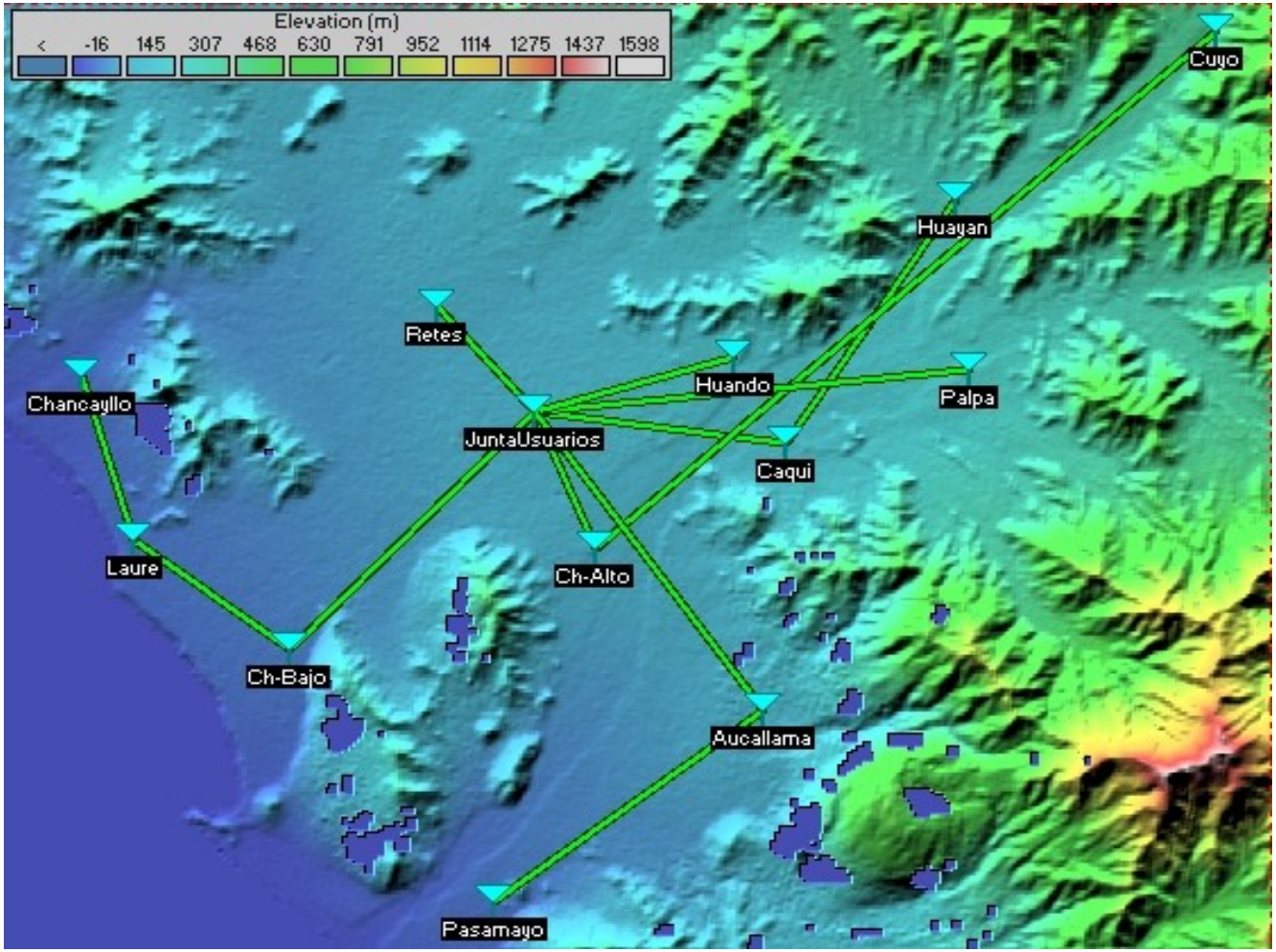
Red típica de oficina



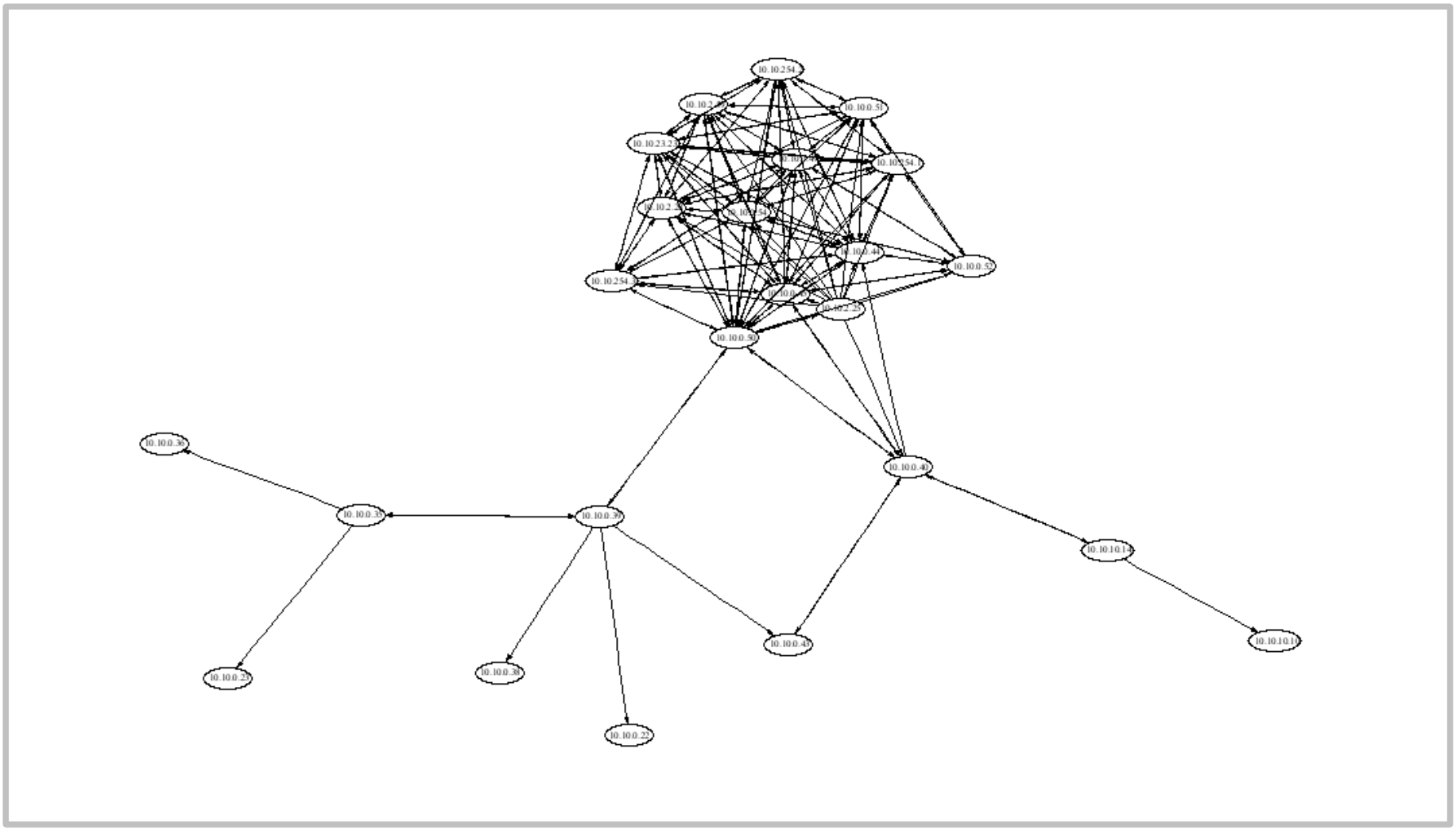
Red Teleinformática del Estado de Mérida



Valle de Chancay
Huaral - Perú

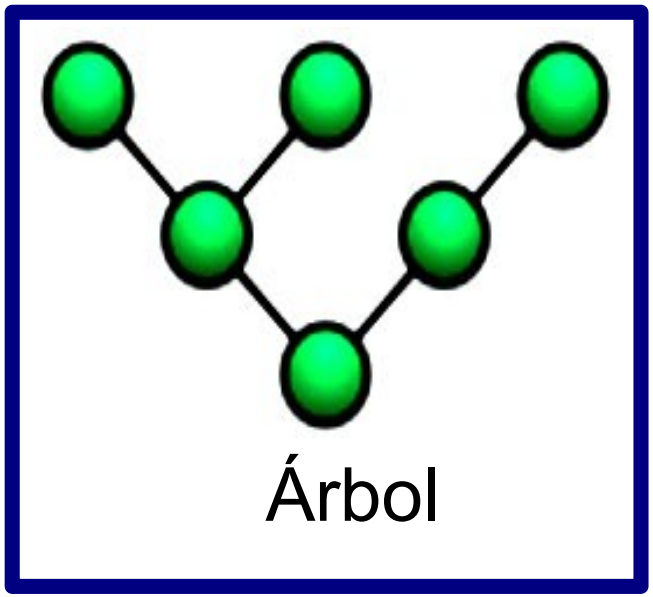


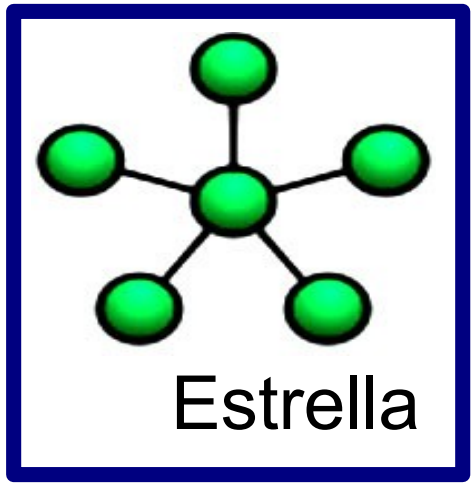
Red de Malla (OLSR)
Berlin Wizards de OS 2004

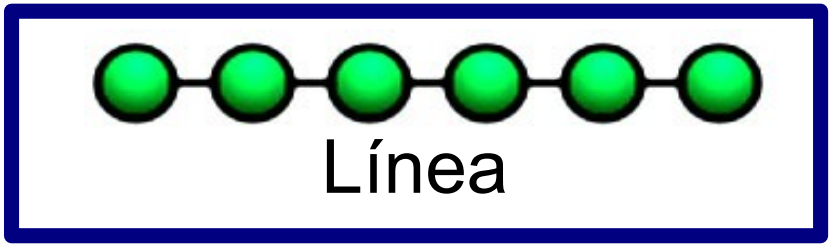


Conclusiones

- La mayoría de las implementaciones de redes inalámbricas están basadas en topología de: árbol, línea y estrella







Conclusiones



- Podemos encontrar dos Modos de implementación: Ad hoc o infraestructura
- Una configuración básica incluye: Modo, SSID, Canal + MAC/aut. + IP
- Muchas implementaciones de redes inalámbricas se basan en más de una topología



Unidad 05: Laboratorio de configuración de nodos inalámbricos y WDS

Autor: Javier Triviño

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual..... 2
1.2 Grados de dificultad..... 2
1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. Práctica Paso a Paso:..... 4
4. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 16

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica. Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX.

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción



“Instalar una red inalámbrica es muy sencillo hoy en día y mucha gente lo hace sin tomar en cuenta ciertos aspectos que pueden influir notablemente en el rendimiento y seguridad de la misma.

En esta práctica trataremos los parámetros de configuración más comunes y una manera sencilla de interconectar puntos de acceso utilizando el protocolo WDS (Wireless Distribution System)



Antes de configurar WDS:

1. Asegúrese de que su cliente inalámbrico puede asociarse y transferir datos con los AP.
2. Asigne una IP estática a cada IP. Este dirección debe estar fuera del rango de direcciones servidas por el servidor DHCP.
3. Ponga todos los AP en el mismo canal. Opcionalmente, puede asignarle a cada AP un SSID distinto. Aunque el SSID no intervienen en WDS y normalmente se usa el mismo SSI para todos los AP que conforman un ESS, el asignar SSID distintos puede ayudar a forzar la conexión a un AP específico. Recuerde que con cada repetición el rendimiento se reduce a la mitad.
4. Averigue las direcciones MAC de todods los AP

Recuérdese que los canales en 802.11b están separados en 5 MHz, pero la señal ocupa 20 MHz, por lo que en un mismo sitio sólo se pueden utilizar simultáneamente 3 canales que son el canal 1, canal 6 y canal 11.

La idea de la práctica es mostrar al participante varios modos de configurar una red paso a paso.

Las estaciones o nodos de una red inalámbrica son de dos tipos: Access Point o punto de acceso y clientes o CPE (Customer Premises Equiment).

Existen 5 distintas formas de interconectar una red inalámbrica:

1. Red Igual a Igual (Peer to Peer), Punto a Punto, o Ad–Hoc.
2. Red con Access Point, clientes o Puntos de Acceso y estaciones remotas, tambieén conocida como modo de infraestructura.
3. Red WDS (Wireless Distribution Services).
4. Red inalámbrica inteligentes (empleando enrutamiento estático y/o dinámico).
5. Red Mesh con distintos protocolos. (Esta configuración es objeto de otra sesión de laboratorio)

El desarrollo práctico utiliza una serie de equipos fabricados por Linksys, los modelos WRT54G/WRT54GL e incluso WRT54GS. Estos equipos son muy comunes pero con ciertas particularidades que lo hacen versátiles para los amantes del software libre y soluciones Open Source.

WDS aprovecha las 4 direcciones especificadas en el estándar IEEE 802.11.

El campo de control de trama del estándar 802.11b permite indicar que además de la dirección fuente (SA) y destino (DA), se están utilizando otras dos direcciones intermedias (TA y RA) que constituyen el

puente de la conexión. Los AP con WDS activado difunden las direcciones MAC de los todos los nodos conectados, tanto en la red cableada como en la inalámbrica.
WDS se puede aprovechar conectando dos antenas sectoriales orientadas en dos direcciones distintas para dar cobertura a un área extensa. Esto permite que un solo AP haga el trabajo equivalente a tener dos dispositivos conectados entre si con un cable.

Recuerde que en WDS todas las estaciones transmiten en el mismo canal, y que la tasa de transmisión se reduce a la mitad en cada repetición, por lo que puede convenir en cambio la solución tradicional de los dos AP cableados entre si, lo que permite que cada uno de ellos trabaje en un canal distinto, disminuyendo así las colisiones en el aire.



Antes de configurar WDS:

3. Asegúrese de que su cliente inalámbrico puede asociarse y transferir datos con los AP.
4. Asigne una IP estática a cada IP. Este dirección debe estar fuera del rango de direcciones servidas por el servidor DHCP.
3. Ponga todos los AP en el mismo canal. Opcionalmente, puede asignarle a cada AP un SSID distinto. Aunque el SSID no intervienen en WDS y normalmente se usa el mismo SSI para todos los AP que conforman un ESS, el asignar SSID distintos puede ayudar a forzar la conexión a un AP específico. Recuerde que con cada repetición el rendimiento se reduce a la mitad.
4. Averigue las direcciones MAC de todods los AP

3. Práctica Paso a Paso:

1. Para acceder al equipo, conecte su PC en un puerto LAN.
2. Configure su interfaz de red para recibir direcciones IP dinámicas mediante el protocolo DHCP de su servidor Linksys. Recuerde que este equipo también es un enrutador.
3. Verifique su IP y apunte un navegador a la dirección por defecto para tener acceso al equipo: http://192.168.1.1
4. Ingrese al equipo a través de:

- User: admin
- Password: admin.

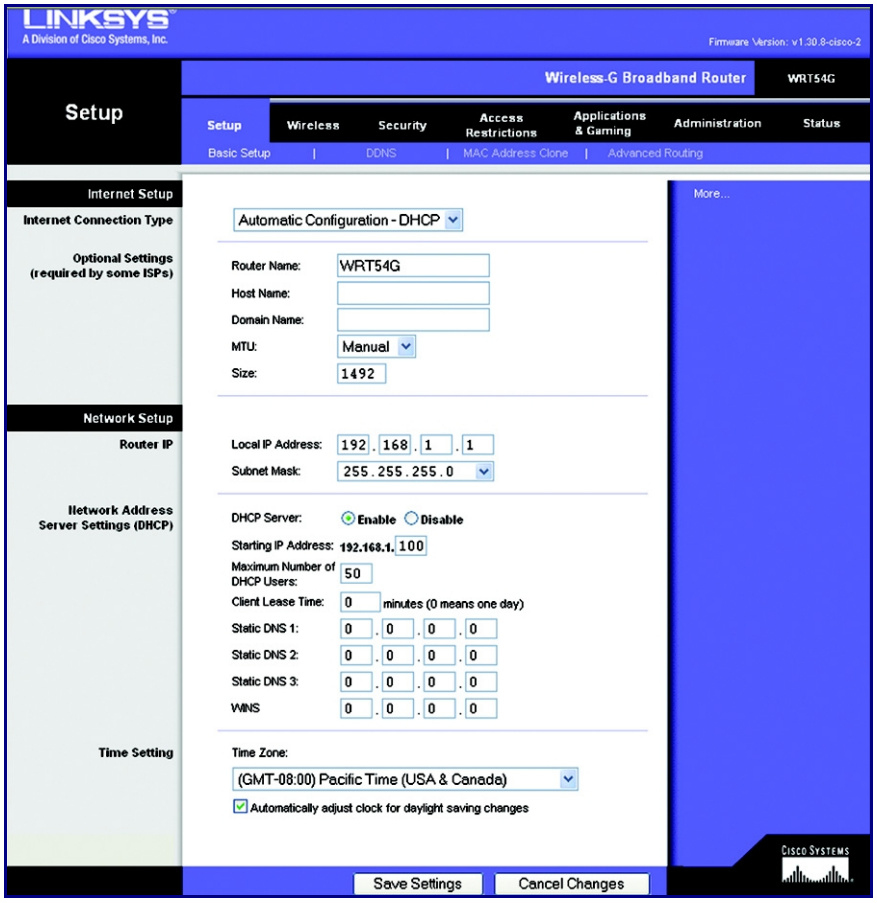


Figura 1: Interfaz de usuario

5. Para la práctica se actualizará el firmware a la versión DD-WRT basada en OpenWRT, en http://www.dd-wrt.com encontrará el firmware adecuado para el equipo, verifique que es el apropiado para el modelo que utilizará. El firmware DD-WRT estará instalado en el AP N1 de acceso a Internet o AP central. Para los grupos instalaremos un nuevo firmware, el X-Wrt basado también en OpenWRT (www.x-wrt.org).
6. Actualizando el firmware
    - Desde la interfaz admin, del submenú de administración del equipo :

- Localice el firmware deseado, en nuestro caso el “openwrt-wrt54g-squashfs.bin”, el instructor entregará el (los) firmware de los equipos.



Figura 2: Acceso a actualizar el Firmware, localice y cargue el archivo binario.



Nota: *No apague nunca su equipo mientras actualiza el firmware. Mantenga energizada su PC, use un UPS preferiblemente.*

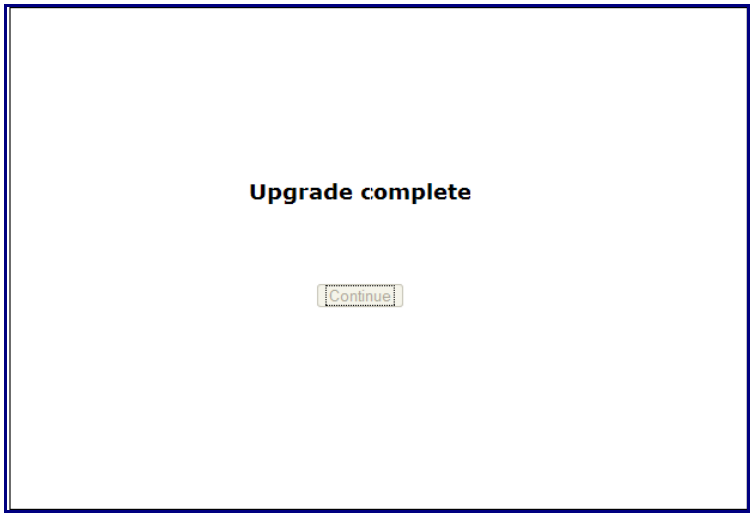


Figura3: Firmware Actualizado

7. Ingrese nuevamente al equipo: http://192.168.1.1, verá una nueva interfaz de usuario:

El X-Wrt instala sobre la base OpenWrt una interfaz grafica denominada webif². Esto hace muy amigable la configuración de OpenWrt.

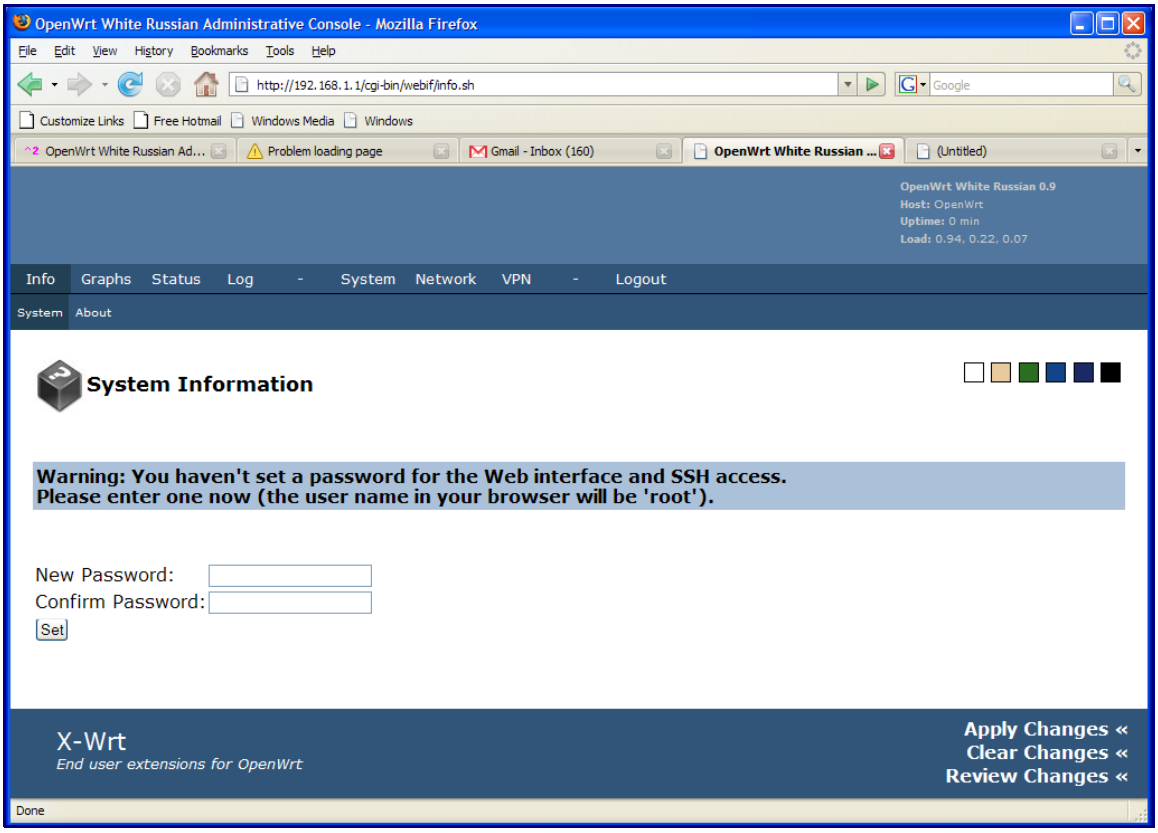


Figura 4: Interfaz admin: X-WRT

new password: admin

confirm password: admin

8. Asigne y confirme el password en la entrada. Para la práctica los password serán “admin”

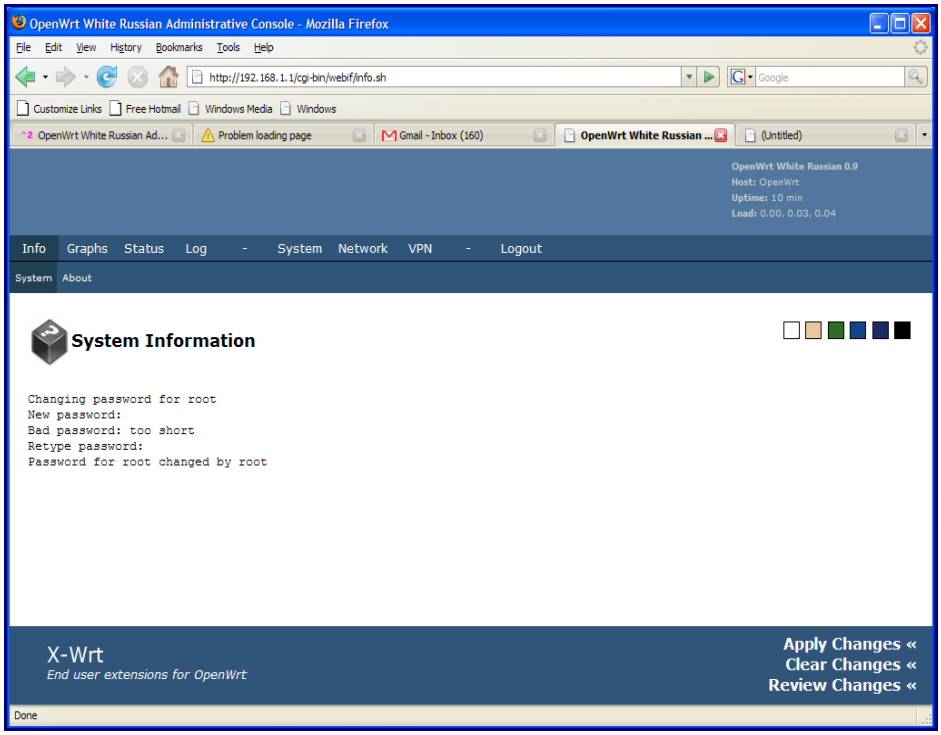


Figura 5: Interfaz admin: X-WRT

Una vez ingresado el password, puede continuar configurando el equipo.

login: root

password: admin

9. Configure el hostname: Grupo1, Grupo2 … Grupo 10. Active el "*boot wait*" que le permitirá recuperar el equipo en caso de fallas en la actualización de firmware.

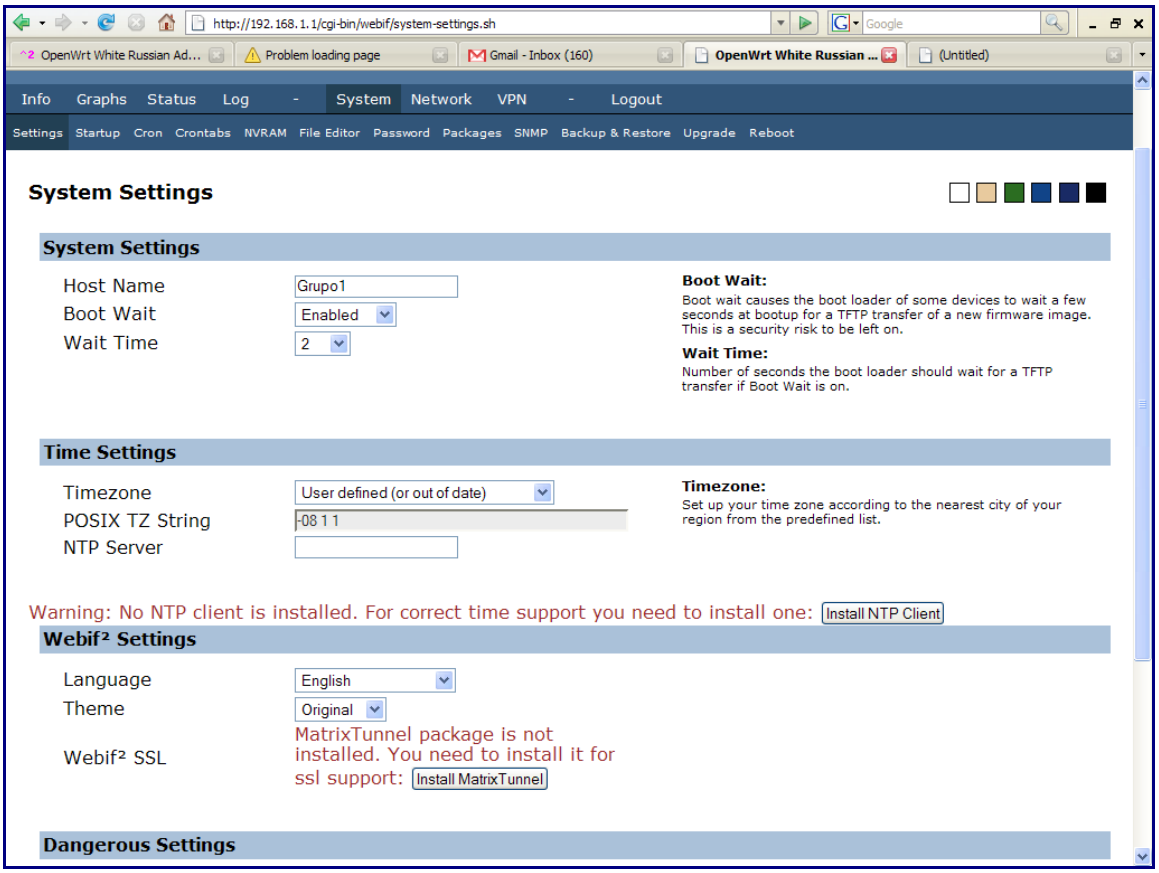


Figura 6: Opciones del sistema

Save Change y Apply Change (Guarde y aplique los cambios) si no aplica los cambios no se efectuarán hasta que se apague y se prenda el equipo.

10. Asigne la dirección IP, Network, WAN-LAN. Asigne la dirección IP de la LAN de la siguiente manera.

    Router WDS: 192.168.10.1/24

    Grupo 1, IP: 192.168.10.21/24

Grupo 2, IP: 192.168.10.22/24

Grupo 3, IP: 192.168.10.23/24

Grupo 4, IP: 192.168.10.24/24

Grupo 5, IP: 192.168.10.25/24

Grupo 6, IP: 192.168.10.26/24

Grupo 7, IP: 192.168.10.27/24

Grupo 8, IP: 192.168.10.28/24

Grupo 9, IP: 192.168.10.29/24

Grupo 10, IP: 192.168.10.30/24

IP Gateway: 192.168.10.1 (Router WDS).

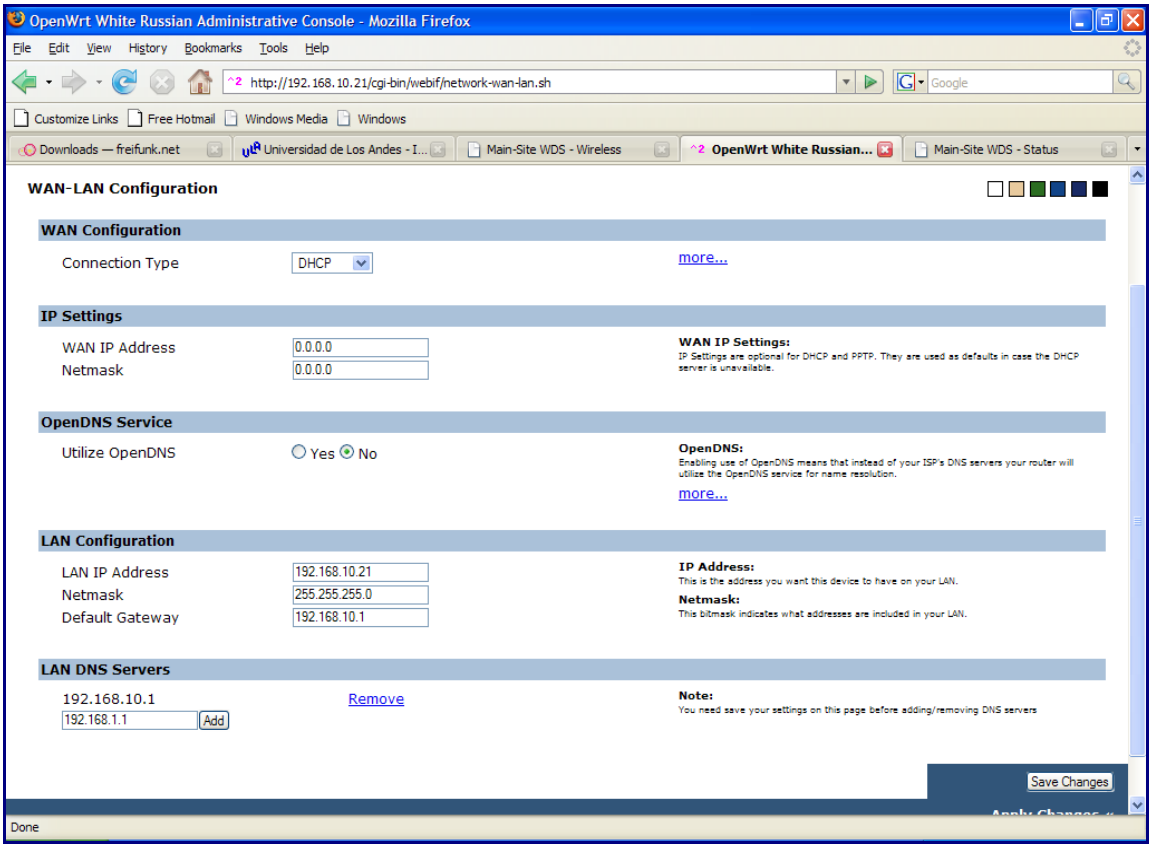


Figura7: Configuración del nombre del dominio

Save Change y Apply Change (Guardey aplique los cambios) si no aplican los cambios no se efectuarán hasta que se apague y se prenda el equipo.

Nota: *Recuerde que al cambiar la dirección IP, debe cambiar la dirección en su navegador a la nueva dirección IP.*

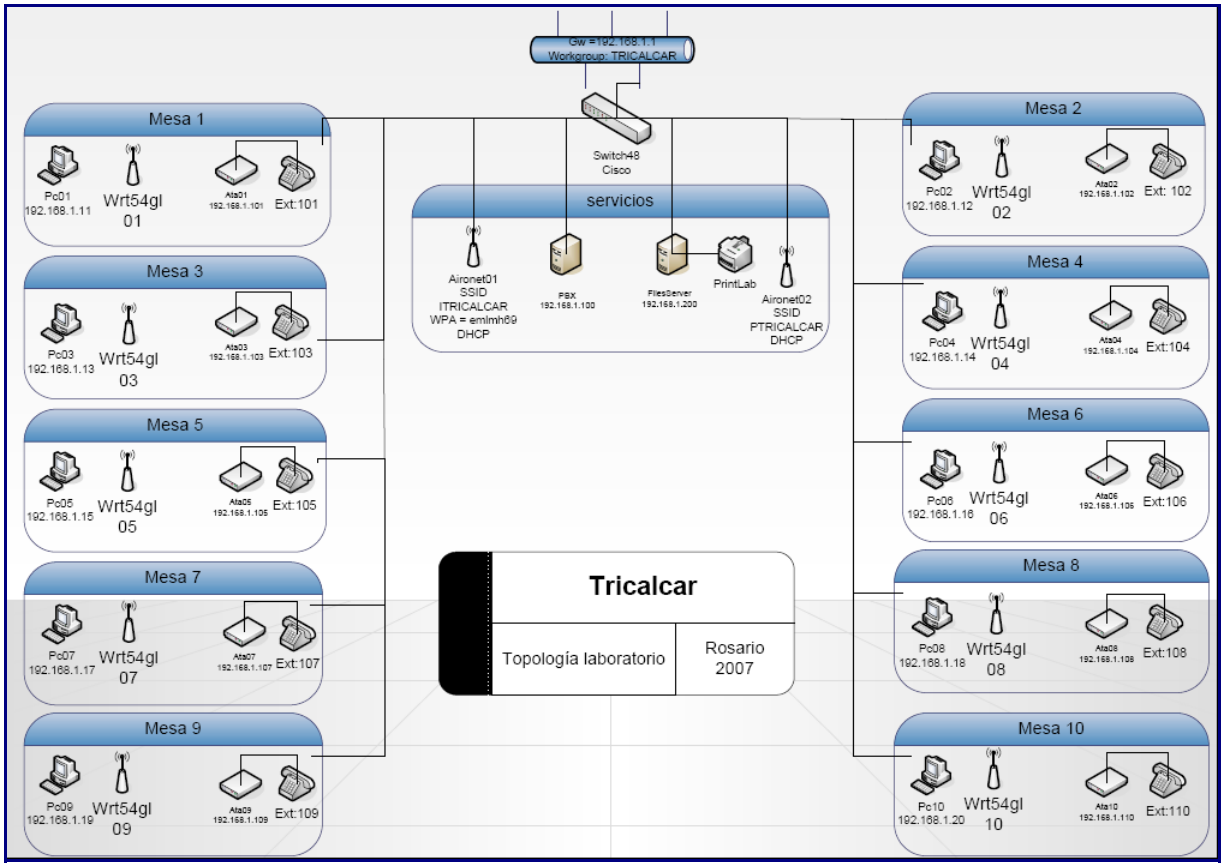


Figura 8: Topología de red de este laboratorio

11. Configurando los Nodos Clientes (CPE):

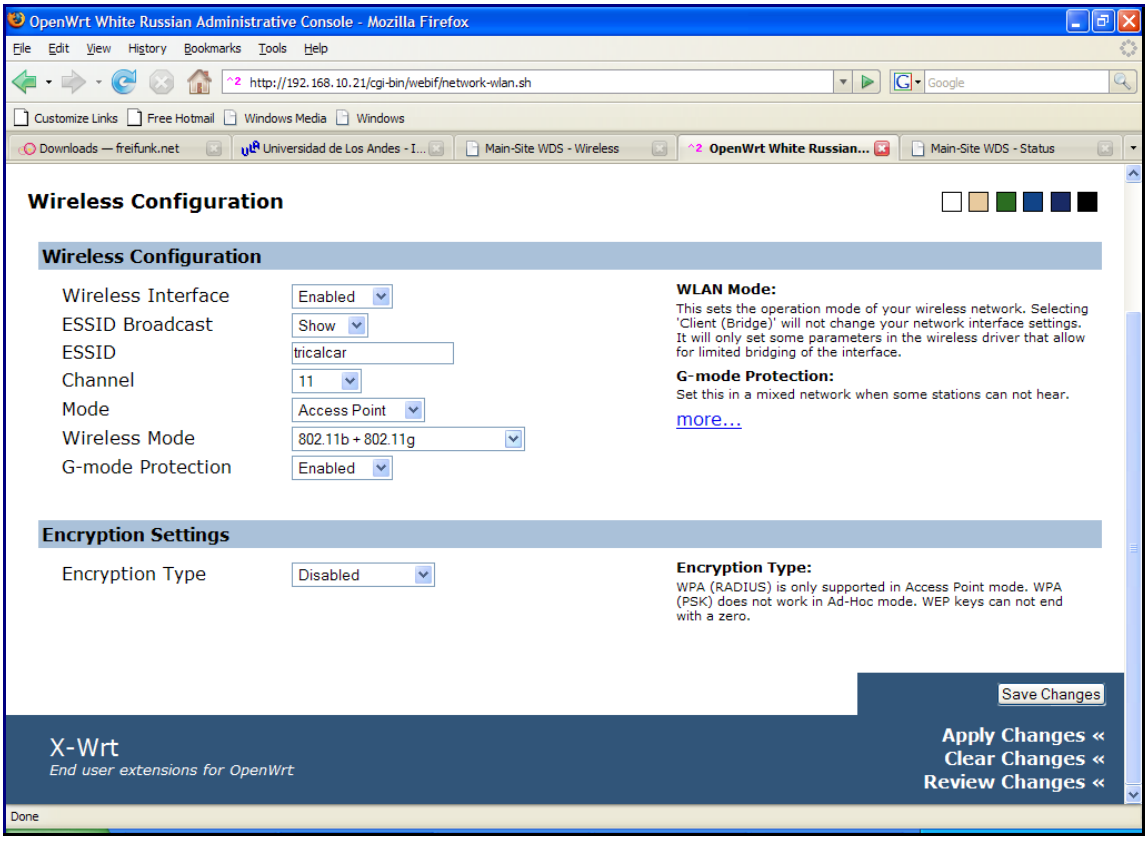


Figura 9: Parámetros básicos

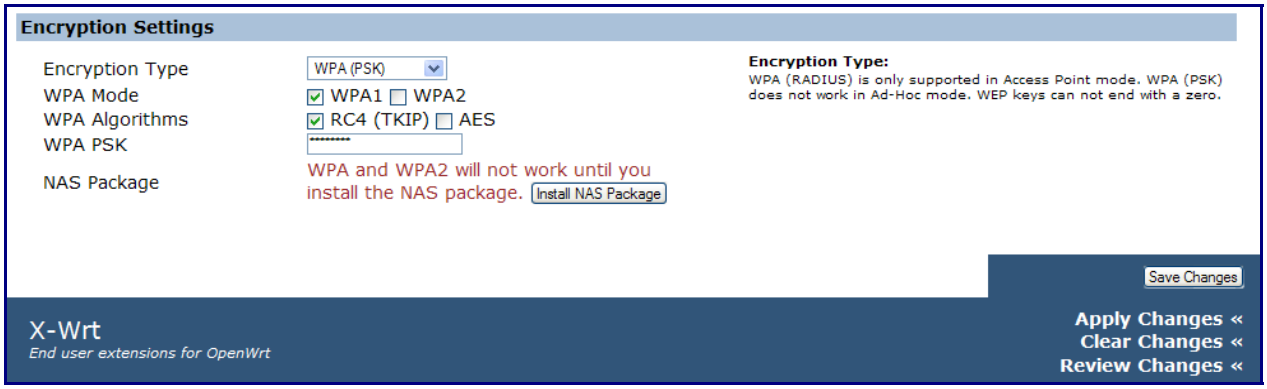


Figura 10: Configuración de un nodo y un enrutador

12. Configurando los AP:

- De forma similar a los clientes, todos los Puntos de Acceso deben tener el mismo SSID, el mismo canal de radio y estar configurados como AP.
- Configuración de WDS (Wireless Distribution Services): Para configurar el modo WDS, debe conocer la MAC Address del equipo remoto y el local. El equipo central (Router WDS) tiene la MAC Address: 00:1A:70:4C:B0:FF, añada la MAC a la lista, grabe y aplique el cambio.

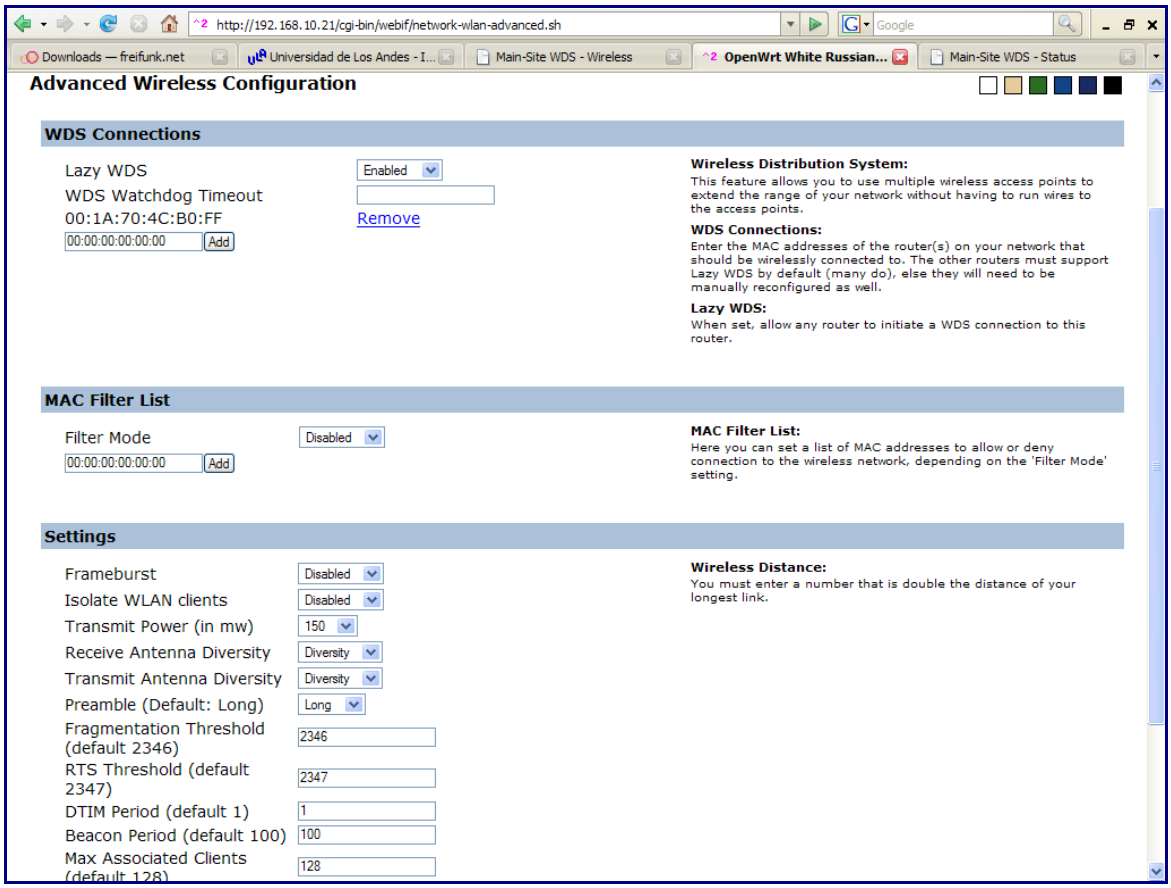


Figura 11: Configuración WDS en el Router WRT implementando x-wrt



Anote bien las direcciones MAC de las interfaz WLAN de cada uno de los WRTG54G, no se confunda porque debe colocar la dirección MAC del AP en el router y la del router en el AP, debe tener claro quien es el router y quien es el nodo. Sin esto no se comunicarán los equipos.

De implementar dd-wrt siga los siguientes pasos:

- Desactive la interfaz WAN (no indispensable).
- Coloque la puerta de enlace 192.168.10.2X (correspondiente al router).
- Configure la dirección IP de la puerta de enlace. (192.168.10.1)
- Configure la red wireless, configure el ESSID, canal, el modo debe estar en AP.
- Configure el modo WDS en el router, agrege cada una de las MAC de los CPE desde el Grupo1 hasta el Grupo10:

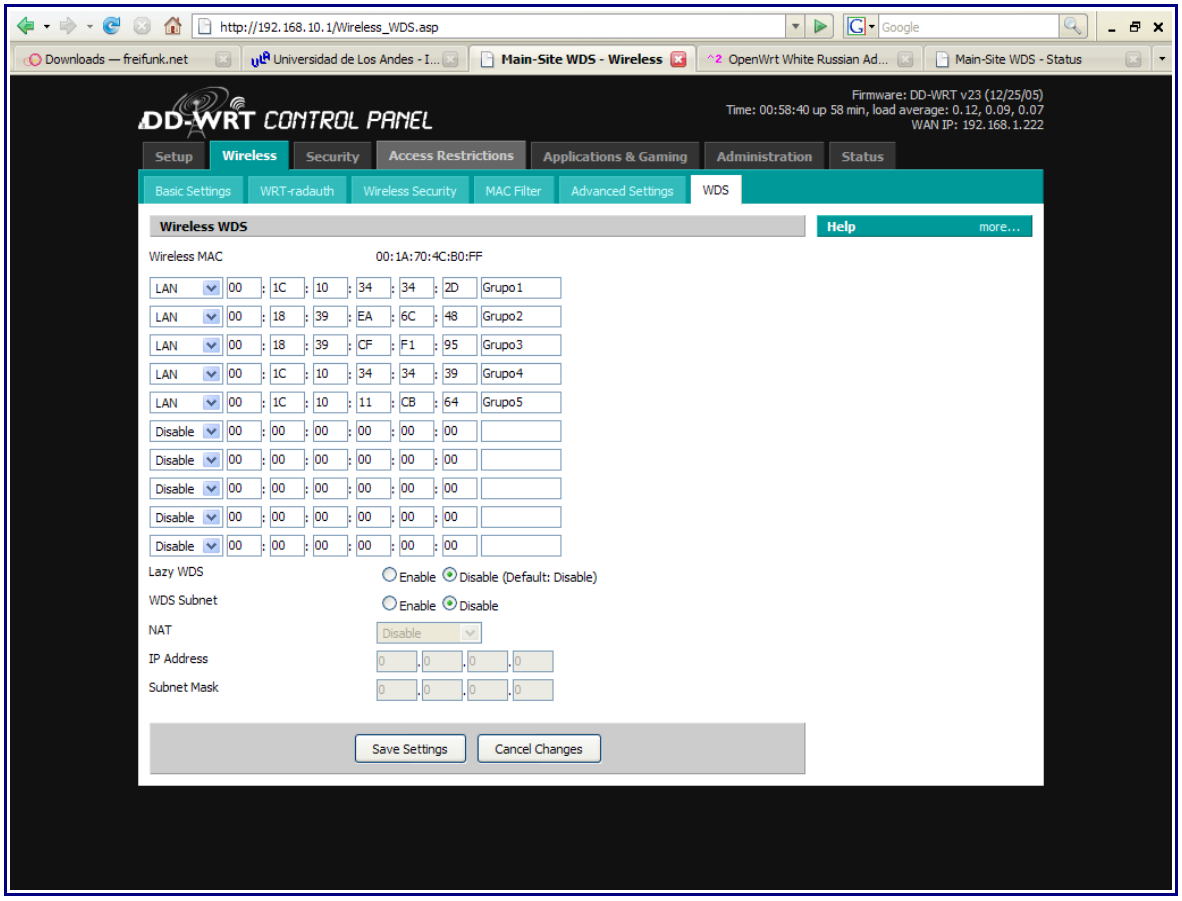


Figura 12: Configuración WDS en el WRT54G usando DD-WRT

- Repita el mismo procedimiento para cada uno de los AP.
- Compruebe conectividad cada vez que ingrese un nuevo nodo a la red.
- ping 192.168.10.1 –t

- Recuerde configurar las estaciones de trabajo en el mismo rango, el instructor lo guiará.Por último active DHCP en el AP que recibirá las direcciones de un servidor DHCP.
- Luego de terminar el desarrollo práctico desactive el WDS, configure los nodos como clientes del AP (modo cliente “Client Bridge”).
- El instructor irá mostrando a los participantes las estaciones que se comunican mediante WDS asociadas al enrutador principal.

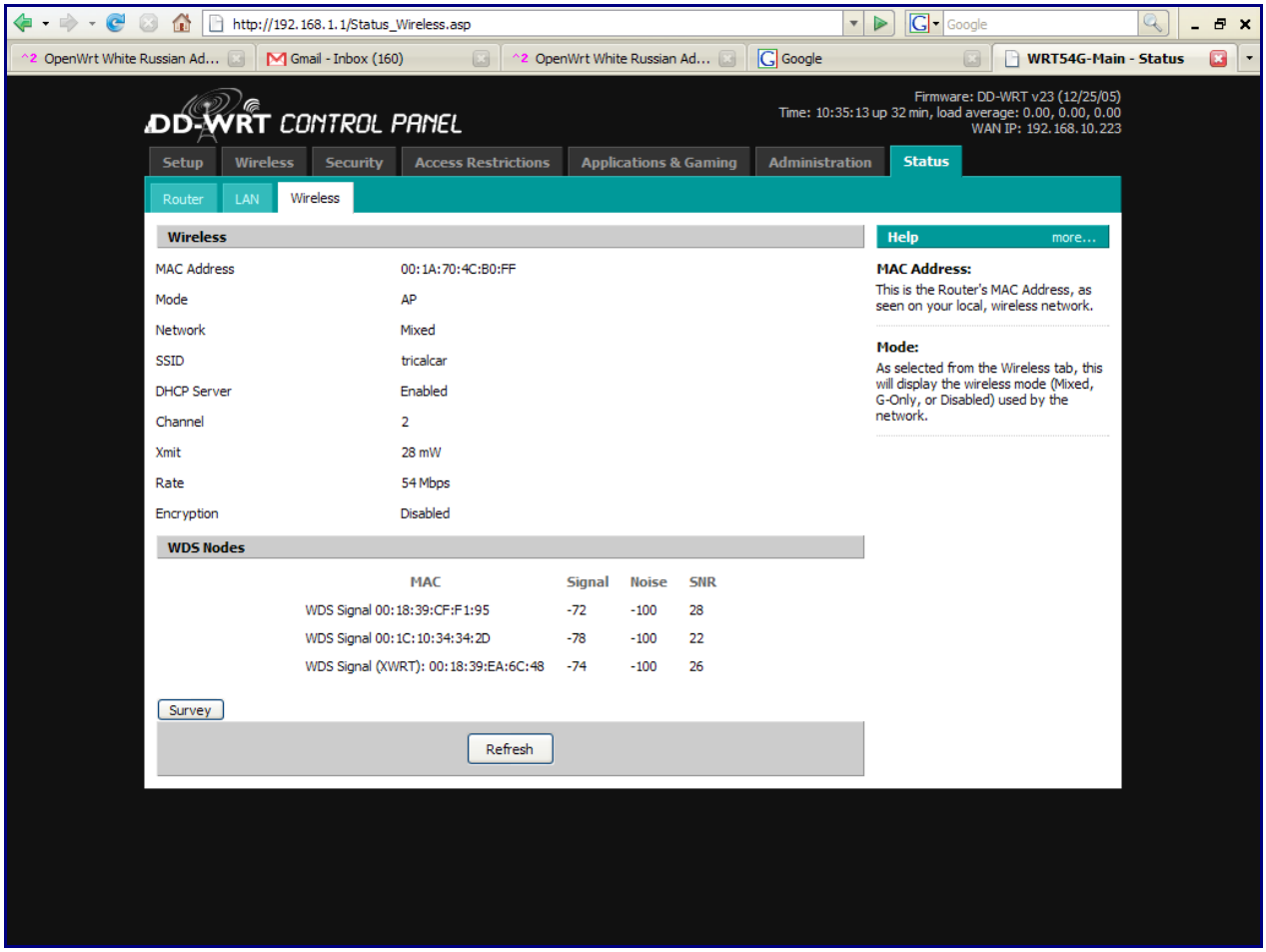


Figura 13: Configuración cliente con los WRT

- Compruebe la IP (ya debe estar configurada).
- Compruebe el ESSID (ya debe estar configurado).
- Compruebe el canal (ya debe estar configurado).
- Configure el WRT como Client-Bridge.

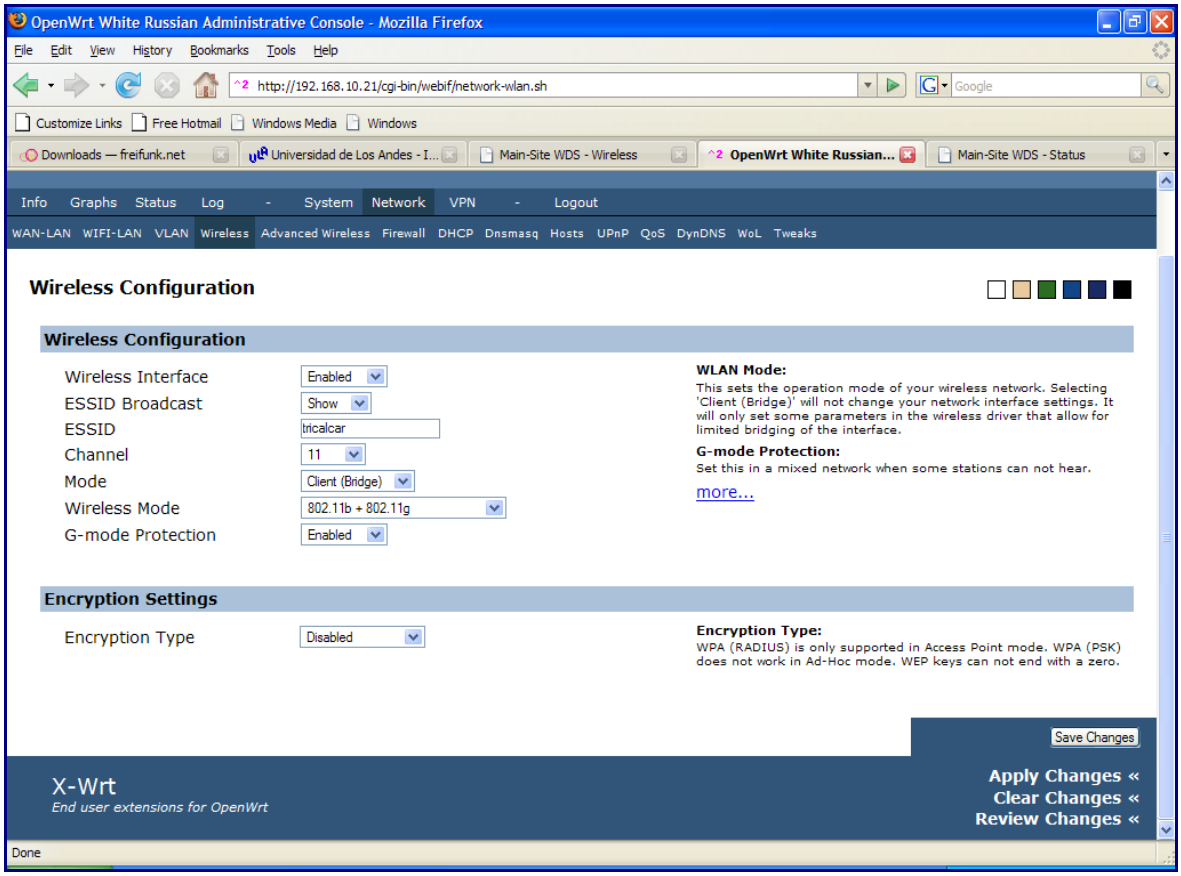


Figura 14: Comprobación de la configuración de la red inalámabrica

- Guarde los cambios, pruebe la conectividad en la red.

4. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollado para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica, bajo los siguientes términos:

- Atribución. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- No comercial. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- Licenciamiento Recíproco. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, sólo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX.



Unidad 05: Configuración de Estaciones

Autores: *Tomas B. Krag <t@wire.less.dk> (Linux), Bruno Roger, ESMT (Windows) ,IT +46 .*
Basado en el trabajo original de: *Onno W. Purbo and Sebastian Buettrich. Clientes Inalámbricos.*
Traducido por Colnodo. Editado por: Alberto Escudero Pascual , IT + 46.

Tabla de contenido

1. Sobre este documento ... 3
1.1 Información sobre propiedad intelectual ... 3
1.2 Grados de dificultad ... 3
1.3 Información sobre los iconos ... 3
2. Introducción ... 3
3. Configuración de puntos de acceso ... 4
3.1 Antes de comenzar ... 4
3.2 Instalando el hardware y el firmware ... 5
3.2.1 Instalación física ... 5
3.2.2 Actualizando el firmware ... 7
3.2.3 Conectando su computadora al dispositivo ... 7
3.3 Configuración del hardware siguiendo el modelo OSI ... 8
3.3.1 La capa física ... 9
3.3.1.1 Número de canal ... 9
3.3.1.2. Potencia de transmisión ... 9
3.3.1.3 Tasa o velocidad de transmisión ... 10
3.3.2 La capa de enlace ... 10
3.3.2.1 Modos de operación ... 10
3.3.2.2 SSID (Service Set Identifier) ... 11
3.3.2.3 Control de acceso al medio ... 12
3.3.2.6 Restricción de acceso a través de autenticación ... 15
3.3.3 La capa de red ... 17
3.3.4 Capa de aplicación ... 17
4. Instalación de clientes: Parte A - Linux ... 18
4.1 Seleccionando el hardware inalámbrico ... 18

4.1.1 Tipos de hardware ... 18
4.1.2 Chipsets inalámbricos ... 19
4.1.3 Hardware soportado ... 20
4.1.4 Hardware no soportado ... 20
4.1.5 Diferencias entre drivers ... 21
4.2 Instalando el dispositivo inalámbrico ... 21
4.2.1 Preparando la instalación ... 22
4.2.2 Insertando la tarjeta ... 22
4.2.3 Identificando el chipset ... 23
4.3 Configurando el dispositivo inalámbrico ... 28
4.3.1 Ejemplo 1: Ubuntu con Gnome ... 28
5. Parte B: Instalación de clientes Windows XP ... 30
5.1 Seleccionando el hardware inalámbrico ... 30
5.2 Instalación del dispositivo inalámbrico ... 31
5.3 Configuración del dispositivo inalámbrico ... 31
5.3.1 Paso 1: Seleccione la red ... 32
5.3.2 Paso 2: configuración IP ... 35
6. Conclusiones ... 36
7. Ejercicios ... 37
7.1 Configuración de puntos de acceso ... 37
8. Recursos Adicionales ... 39
8.1 Puntos de acceso ... 39
8.1.1 En línea ... 39
8.1.2 Libros/artículos ... 40
8.2 Parte A: Instalación de clientes - Linux ... 40
8.2.1 En línea ... 40
General ... 40
Drivers inalámbricos ... 40
Software ... 41
8.2.2 Libros/artículos ... 43
8.3 Parte B: Instalación de clientes - Windows ... 43
8.3.1 En línea ... 43
8.3.2 Libros/artículos ... 44
9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual ... 45

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico” con algunas partes adicionales consideradas “avanzadas”. Todas las secciones “avanzadas” están dentro de un recuadro de fondo gris, para indicarle al lector el grado de dificultad del contenido.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

En esta unidad se aborda la configuración de estaciones inalámbricas. Denominamos así a los equipos configurados para tener acceso a una red inalámbrica. Dichos equipos pueden estar configurados como puntos de acceso o como clientes de la red inalámbrica. Esta misma diferenciación es considerada para estructurar los contenidos de esta unidad.

En la primera parte se provee una metodología general para instalar y configurar puntos de acceso y enrutadores inalámbricos. En lugar de enfocarnos en "qué botón presionar", nuestro propósito es brindar la comprensión de *qué* implica cada una de las opciones y *cuándo* y *por qué* se requiere cierta configuración. La metodología sigue el modelo **OSI**, enfocándose principalmente en la capa física y la de enlace.

Adicionalmente, en la Práctica 1 se provee el proceso paso a paso para la configuración de un punto de acceso a través de una interfaz gráfica en web.

La segunda parte de la unidad trata sobre la instalación de clientes inalámbricos para redes IEEE 802.11. Consta de dos partes independientes de acuerdo con el sistema operativo utilizado. La parte **A** cubre aspectos referentes a Linux, mientras que la parte **B** describe aspectos referentes a Microsoft Windows.

Independientemente de la plataforma seleccionada, el proceso de instalación de los clientes se puede describir en 3 fases diferentes: (1) Selección del hardware inalámbrico, (2) instalación y (3) configuración.

Este documento hace énfasis en diferentes asuntos dependiendo del sistema operativo, como resultado, en la sección sobre clientes Linux (Parte A) nos enfocamos en las dos primeras fases, mientras que al discutir sobre Windows (Parte B), nos enfocamos principalmente en problemas de configuración, pues la selección de hardware y su instalación no "debería" presentar problemas.

Si usted está interesado en Linux, no deje de consultar la sección de Recursos adicionales que incluye muchos enlaces útiles.

3. Configuración de puntos de acceso

3.1 Antes de comenzar

Independientemente de cuál hardware está usando o cuál es la topología de red que desea utilizar, hay un conjunto de pautas generales que siempre debería tener en mente:



1. Lea el manual del punto de acceso y conozca el dispositivo y su configuración por defecto
2. Considere las condiciones del lugar físico de la instalación (acceso a fuente de alimentación, antenas, temperatura, humedad, etc.). Vea "Estudio del sitio" para mayor información.



3. Antes de comenzar, planee la red (TCP/IP) y realice un dibujo de la topología. La planeación incluye el conocimiento de la configuración del proveedor de servicios de internet (ISP) o de la red de área local (LAN) incluyendo DNS, etc.
4. Asegúrese de tener toda la documentación y material (físicamente, no sólo en línea), de manera que pueda trabajar aún si está desconectado durante el proceso.
5. Tome nota sobre cada paso que realice durante el proceso de configuración, especialmente cuando cambie direcciones IP, opciones de red y contraseñas.
6. Asegúrese de tener todo el hardware necesario (computador de escritorio o portátil con interfaces inalámbrica y de Ethernet)
7. Asegúrese de tener todo el software necesario, como:
    - Herramientas TCP/IP (ping, route)
    - Software específico del vendedor (actualizaciones de firmware, manejadores -*drivers*-, etc.)
    - Software para medir/detectar señales inalámbricas (Kismet, Netstumbler)

3.2 Instalando el hardware y el firmware

El primer paso del proceso de configuración es instalar el hardware, conectar el punto de acceso a su computador y (opcionalmente) actualizar el firmware. Esta sección le da una visión general de la capa física de un punto de acceso y de cómo instalar el dispositivo fisicamente.

3.2.1 Instalación física

Típicamente existen dos diferentes partes de los puntos de acceso a las que debería poner atención:

1. LEDs de estado (diodos emisores de luz).[1]
2. Interfaces de Radio y de Ethernet.

Normalmente, en la parte superior del punto de acceso encontrará un conjunto de LEDs que indican el estado del dispositivo. Típicamente estos LEDs indican con luz intermitente o sostenida (verde o roja) los siguientes parámetros:

1. Alimentación del punto de acceso.
2. Puertos activos.

1. LED= Diodo emisor de luz

3. Errores internos.
4. Conexión Ethernet (conexión a la red).

Los LEDs pueden darle información muy valiosa cuando localiza los problemas de su red. Le recomendamos estudiar cuidadosamente el significado de cada diodo en el manual de referencia de su punto de acceso antes de iniciar el proceso de configuración.



Las interfaces básicas de un punto de acceso inalámbrico son:

1. **Ethernet:** llamada a menudo WAN (conexión a una red de área amplia - WAN) o LAN (conexión a una red de área local - LAN). Un punto de acceso "transparente" (puente inalámbrico) tiene únicamente un puerto Ethernet. Un punto de acceso con más de un puerto Ethernet es normalmente un enrutador/pasarela(gateway) inalámbrico.
2. **Radio/Antena(s):** conexión inalámbrica a clientes.

Los dispositivos inalámbricos más avanzados pueden estar equipados con dos o más interfaces inalámbricas (dos o más radios) .

En uno de los lados posteriores, generalmente podemos encontrar las interfaces Ethernet junto a algunas otras funcionalidades:

1. Entrada de alimentación (12V, 5 V o 3.5 V DC): conectada a una fuente de alimentación DC.
2. Botón de reestablecimiento (Reset): Usado para reestablecer la configuración por defecto.
3. Conectores LAN (RJ45): para conectar a una LAN.
4. Puerto WAN (RJ45): permite conectar a DSL, cable modem o cualquier otra interfaz que utilice el proveedor de servicios de Internet para conexión a una red.

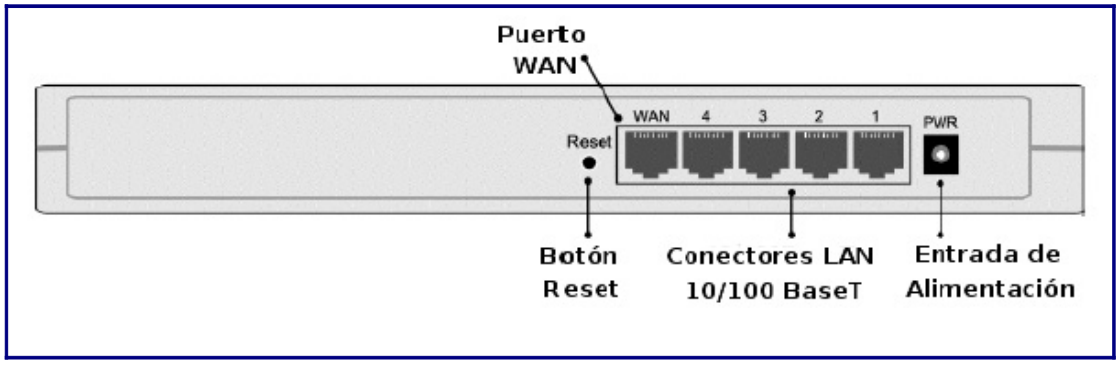


Figura 1: Una configuración típica de conectores y adaptadores en la parte posterior de un punto de acceso (enrutador inalámbrico).

Además, un punto de acceso está equipado con una o un par de antenas que pueden estar dentro del punto de acceso o fijadas a la cubierta. Las antenas externas normalmente se pueden orientar para concordar con una implementación específica.

3.2.2 Actualizando el firmware

El microcódigo o firmware es un software que ha sido escrito dentro de la ROM (memoria de sólo lectura) y es una parte permanente del dispositivo. Podríamos decir que el firmware es un hard-software.

El firmware permanecerá en la memoria ROM después de que se haya apagado el dispositivo. Hay que utilizar un procedimiento especial para modificar el firmware y tener cuidado porque una interrupción de energía que ocurra cuando se está realizando el procedimiento puede causar daños irreparables. El programa BIOS que controla el inicio de todas las computadoras es también un "firmware".

Los fabricantes actualizan el firmware de sus productos continuamente para ofrecer la última configuración y corregir problemas reportados. Actualice siempre el punto de acceso con el último firmware "estable" antes de empezar a configurarlo y revise periódicamente las actualizaciones.

3.2.3 Conectando su computadora al dispositivo

Para configurar el punto de acceso, debe conectar éste a su computadora de escritorio o portátil. Puede hacer esta conexión por cable o de forma inalámbrica.

Es muy recomendable comenzar la configuración usando conexión por cable y, una vez que la configuración básica esté lista y usted sienta más seguridad con el proceso de configuración, cambiar a conexión inalámbrica.



La conexión por cable puede realizarse usando:

1. Cable Ethernet por HTTP.
2. Ethernet usando software específico del fabricante basado en SNMP.
3. Puerto serial (null modem) usando HyperTerminal u otro programa de comunicación serial (si el punto de acceso tiene un puerto serial).

Entre las tres opciones, la más común es conectarse a través de un cable Ethernet usando HTTP. Esta forma de configuración del punto de acceso es independiente de la plataforma y sólo requiere un navegador web. Tenga en cuenta que la interfaz de usuario (UI) lucirá diferente de fabricante en fabricante y de modelo en modelo. Ellos cambian constantemente y usted nunca encontrará dos del

mismo tipo. Sin embargo, todas ellas siempre contienen los mismos elementos básicos. Sepa también que no todos los fabricantes se refieren a los mismos "conceptos" con las mismas palabras.

A continuación se introducen los conceptos básicos:

Para lograr comunicarse con el punto de acceso:

- El cliente debe pertenecer a la misma subred IP.
- Busque en el manual de referencia la dirección IP por defecto del punto de acceso y
- Cambie la dirección IP de su computador como corresponda.
- Después de esto, abra una ventana del navegador y proceda con la configuración a través de la interfaz web.

También existen utilidades "privativas" (*Proprietary*), es decir, exclusivas de un fabricante particular, para la configuración de puntos de acceso que podrá instalar en su computador con el fin de montar un dispositivo inalámbrico. Ellas se basan normalmente en un protocolo conocido como SNMP. *(Ver la unidad de Solución de problemas).*

La tercera opción, usando un cable serial, se puede considerar como un plan de reserva cuando las cosas han salido mal. Esta opción implica que usted deba tener acceso físico al dispositivo y por lo tanto no puede ser hecho por "cualquier persona". El cable serial es generalmente el mecanismo utilizado para reconfigurar el punto de acceso cuando se ha olvidado la contraseña y no se desea restablecer la configuración por defecto. Normalmente, usted puede acceder al punto de acceso a través de la interfaz serial sin necesidad de conocer la contraseña.

3.3 Configuración del hardware siguiendo el modelo OSI

A primera vista, la configuración de un punto de acceso podría lucir muy compleja, juzgando por el grosor del manual de referencia. Normalmente, una gran cantidad de opciones están disponibles y puede ser difícil distinguir las opciones básicas de las de modo avanzado.

Para un punto de acceso "transparente"[2] solo se requiere ajustar dos opciones:

1. Nombre o SSID (Service Set IDentifier -Identificador de la red-).
2. Número de canal.

Sin embargo, a menudo es conveniente fijar otros parámetros. Muchos parámetros opcionales se refieren a seguridad en términos de la cifrado y restricciones de acceso, los cuales son importantes para evitar intrusos en su red.

A continuación se da una aproximación teórica a la configuración del hardware siguiendo el modelo **OSI** y haciendo énfasis en qué hace cada ajuste y por qué es necesario. Creemos seriamente que

2. Por "transparente" nos referimos a un punto de acceso que actúa como un puente inalámbrico que NO tiene capacidades de enrutamiento. El punto de acceso no provee NAT, DHCP etc.

entender, **POR QUÉ** es importante cierta configuración y **QUÉ** implica cierto parámetro, es esencial para constuir redes inalámbricas de alta calidad.



Como sabemos hasta ahora, la conexión de redes inalámbricas se restringe a las dos primeras capas del modelo **OSI**, es decir los niveles **físico** y de **enlace**. Cuando un punto de acceso es un dispositivo inalámbrico, nada más que un "concentrador inalámbrico", todos los ajustes sobre las opciones inalámbricas afectan las primeras dos capas del modelo OSI.

Si el punto de acceso soporta enrutamiento y enmascaramiento (NAT), entonces también incluirá opciones relativas a la capa 3 del modelo OSI: capa de **red.**

3.3.1 La capa física

Los parámetros de un punto de acceso que afectan la capa física son:

3.3.1.1 Número de canal

Cuando fija el canal de un punto de acceso, usted determina la gama de frecuencias (GHz) en que operará el dispositivo. Antes de fijar el canal, usted debería escanear el rango de frecuencias con un software como "Netstumbler" u otro similar, para evitar usar el mismo canal de otras redes (si están presentes). Haciendo esto se minimiza la probabilidad de interferencia.



- Para redes IEEE 802.11b, use los canales 1, 6 u 11 para asegurar suficiente separación de frecuencias y evitar conflictos.
- Para redes 802.11a no hay riesgo de que los canales se traslapen, sólo debe asegurar que los puntos de acceso IEEE 802.11a que se encuentren alrededor estén operando en canales diferentes al que usted ha seleccionado.

Algunos puntos de acceso nuevos tienen una característica que define automáticamente el canal basado en la frecuencia ociosa escaneando el espectro y encontrando cuáles ya están en uso.

3.3.1.2. Potencia de transmisión



A mayor potencia de transmisión, el punto de acceso tendrá un mayor rango de cobertura. Si desea alcanzar la mayor cobertura posible, la potencia de transmisión debería fijarse en el valor más alto

Para muchos países el máximo límite legal es 100mW (20dBm), mientras en otros (EEEUU, Canadá) el límite es 1W. Sin embargo, debe evitarse usar más potencia de la necesaria pues aumenta la probabilidad de interferir con otros usuarios.

No todos los puntos de acceso le permitirán fijar la potencia de salida. Note que la potencia máxima debe ser calculada considerando la ganancia de la antena que está utilizando. La suma de la potencia de salida en dBm y la ganancia de la antena en dBi es lo que se conoce como PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente, o en inglés EIRP (*Equivalent Isotropic Radiated Power*) y su valor máximo también está limitado por disposiciones legales (Vea Cálculo de Radio Enlaces).



Tome en cuenta también que a veces es posible mediante software aumentar la potencia de salida de un dispositivo por encima del valor especificado por el fabricante, pero generalmente esto deteriora el espectro transmitido y aumenta la interferencia producida en canales adyacentes, por lo que no es aconsejable.

Si en cambio, se busca incrementar la capacidad total de la red inalámbrica adicionando puntos de acceso ubicados cerca uno de otro, entonces la potencia debería ser fijada en el valor más bajo posible, esto para disminuir el solapamiento y la interferencia potencial. Además usted deberá disponer adecuadamente las antenas para minimizar la interferencia entre puntos de acceso.

3.3.1.3 Tasa o velocidad de transmisión

En algunos puntos de acceso, es posible seleccionar la tasa de transmisión preferida (11, 5.5, 2 o 1 Mbps para IEEE 802.11b). Al hacer esto, está cambiando la técnica de modulación para la transmisión de datos.

Por defecto, defina la velocidad al mayor valor posible. Si está construyendo un enlace muy largo y experimenta problemas de pérdida de paquetes, puede intentar reducir la velocidad para tener una señal más robusta.

3.3.2 La capa de enlace

Los parámetros de un punto de acceso que afectan la capa de enlace son los siguientes:

3.3.2.1 Modos de operación

El modo del punto de acceso no debe ser confundido con los dos modos básicos “de radio” de cualquier tarjeta inalámbrica, que son infraestructura y *ad hoc*.

El modo de un punto de acceso se refiere al tipo de tareas que éste realiza. La denotación de “modo” puede ser confusa en muchos casos ya que los fabricantes usan diferentes nombres para describir el modo de operación de un producto. Todo punto de acceso funciona como puente entre la red cableada y la inalámbrica, y cuando se limita a esta tarea se dice que funciona como puente. Si,

además, realiza funciones adicionales como enrutamiento y enmascaramiento (NAT), entonces estamos hablando de un enrutador inalámbrico. Los modos se diferencian principalmente en cuándo el punto de acceso actúa como puente o enrutador/NAT.

En la siguiente sección se describe el conjunto típico de "modos" que usted encontrará en los puntos de acceso (o enrutadores inalámbricos). Note que el nombre del modo puede diferir de vendedor en vendedor.

Punto de acceso (*Access Point Bridging / Access Point Mode)*

El punto de acceso trabaja como un puente transparente entre el enrutador y los clientes inalámbricos. El punto de acceso no realiza labores de enrutamiento o NAT. Este es el modo de configuración más simple de un punto de acceso inalámbrico.

Pasarela (*Gateway*)

El punto de acceso actúa como un enrutador inalámbrico entre una LAN y un grupo de clientes inalámbricos llevando a cabo el enrutamiento o el enmascaramiento (NAT) para esos clientes. El punto de acceso puede obtener del proveedor de acceso a la Red una dirección IP a través de DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). El punto de acceso puede entregar direcciones IP a sus clientes usando DHCP.

Puente punto a punto (*Point-to-Point bridge / Repeater mode*)

Se usan dos puntos de acceso para tender un puente entre DOS redes cableadas. No se realiza NAT en los puntos de acceso ya que el enmascaramiento simplemente pasa sobre los paquetes de datos.

Enrutamiento punto a punto (*Point-to-Point routing / Wireless Bridge Link*)

El punto de acceso es usado como un enrutador inalámbrico entre dos LAN separadas.

Adaptador inalámbrico Ethernet (Wireless Ethernet adapter / Wireless Client mode)

Este modo se usa para conectar un computador que no soporta adaptadores inalámbricos. Conectando un punto de acceso como un dispositivo a través de los puertos Ethernet o USB, el punto de acceso se puede usar "como un adaptador inalámbrico".

3.3.2.2 SSID (Service Set Identifier)

El SSID es el nombre de la LAN inalámbrica y también se incluye en todos los paquetes "beacon" (baliza) enviados por el punto de acceso[3]. El SSID es una cadena de texto sensible a mayúsculas y minúsculas, que acepta hasta 32 caracteres alfanuméricos y es usada durante el proceso de "asociación" a una red inalámbrica. El proceso de asociación es equivalente a la acción de "enchufar " el dispositivo.

Los clientes que quieren comunicarse con un determinado punto de acceso, deben usar el SSID durante el proceso de asociación (ver Instalación de clientes, para más información).

3. Más información sobre SSID: http://www.issa-uk.org/downloads/presentations/issa-uk/wp_ssid_hiding.pdf.

El SSID de un punto de acceso se difunde por defecto en el "beacon" para anunciar su presencia. Esto significa que cualquiera con un adaptador inalámbrico puede "ver" su red en términos de su SSID. Si en el punto de acceso de una red no se ha implementado un mecanismo extra de seguridad en términos de cifrado (WPA) o autentificación (filtro de MAC, portal cautivo), cualquiera puede asociarse a su punto de acceso y conectarse a la red que se encuentra detrás de él.

Muchos puntos de acceso ofrecen la posibilidad de desactivar la difusión del SSID para "ocultar" la red al público. Este truco se puede usar para mejorar la seguridad de la red inalámbrica frente a usuarios con conocimientos intermedios sobre computadores. Sin embargo, para usuarios avanzados ese es un mecanismo de seguridad débil pues con las herramientas adecuadas, es posible monitorear y capturar ciertos paquetes de la red inalámbrica y así encontrar el SSID.

3.3.2.3 Control de acceso al medio

En los puntos de acceso hay algunas opciones avanzadas que pueden ser particularmente relevantes para redes congestionadas. Esos parámetros son, por ejemplo, intervalos de *beacon*, RTS/CTS y fragmentación.

Intervalo de Beacon

El intervalo de beacon es la cantidad de tiempo entre la transmisión de tramas beacon de un punto de acceso. El valor por defecto de este intervalo es generalmente 10ms, lo que implica que cada segundo se envían 10 beacons. Este valor proporciona soporte suficiente en términos de movilidad en un ambiente de oficina. Si necesita soporte para una movilidad más alta, puede incrementar el intervalo de beacon. Al disminuir el intervalo de beacon se obtiene como resultado una reducción de la tara (overhead) en la red, pero es probable que la itinerancia (roaming) entre estaciones base no trabaje correctamente. Le recomendamos no cambiar este valor a menos que tenga muy buenas razones para hacerlo.

RTS/CTS (Request-to-send / Clear-to-send)

RTS/CTS es el método usado por las redes inalámbricas del estándar IEEE 802.11 para reducir colisiones causadas por "nodos ocultos" (Ver "Conexión avanzada de redes inalámbricas"). En breve, este es un método para conceder el acceso al medio que involucra un proceso de "apretón de manos" entre un punto de acceso y un nodo inalámbrico. RCT/CTS introduce mecanismos para evitar colisiones mediante el método CSMA/CA y por lo tanto, hace al método de acceso más robusto, pero incrementa la tara (overhead) en la red.

El RTS/CTS funciona como sigue: Un nodo que desea enviar datos inicia el *apretón de manos* con el punto de acceso enviando una trama RTS. El punto de acceso recibe el RTS y responde con una trama CTS si el medio está libre. Cuando el nodo recibe el CTS, este comienza a

enviar sus datos. Ya que todos los nodos deben ser capaces de escuchar al punto de acceso, la trama CTS alcanzará a todos los nodos conectados a él. La trama CTS incluye un valor del tiempo que los otros nodos deberán esperar para enviar otras tramas RTS. Un *apretón de manos* RTS/CTS completo, asegurará que el nodo pueda enviar sus datos sin ser estorbado por tramas enviadas por los otros nodos.

Si en la red inalámbrica hay sólo unos pocos clientes y todos ellos pueden "verse" unos a otros, la opción RTS/CTS debería apagarse. En este caso, usar RTS/CTS solo introduciría tara debido a la adición de tramas RTS/CTS y disminuiría el rendimiento total.

Si existen nodos ocultos en la red, usted debería considerar usar RTS/CTS. En este caso, tanto RTS como CTS introducirán tara en términos de tramas RTS/CTS, pero podrían también reducir la tara total debido a la disminución de la retransmisión de tramas de datos.

Las preguntas son ¿cuál factor es más importante? ¿se introduce más tara de la que se reduce? Para responder a esto, usted deberá medir la tasa de pérdida de paquetes (en el nivel de transporte) para las dos opciones.

Fragmentación

El estándar IEEE 802.11 incluye una característica opcional que permite a tarjetas de red basadas en radio y a puntos de acceso fragmentar tramas de datos en pequeñas piezas para mejorar el rendimiento en presencia de interferencia o en áreas mal cubiertas.

Enviando tramas pequeñas, el riesgo de colisión con otras tramas es menos probable. Esto conlleva al incremento de la confiabilidad de transmisión de las tramas (pero también a una alta tara).

El valor de fragmentación, que normalmente se encuentra entre 256-2048 bytes, puede ser controlado por el usuario. El mecanismo de fragmentación ocurre cuando el punto de acceso o los nodos inalámbricos intentan enviar una trama de un tamaño mayor que el umbral de fragmentación.

Igual que la función de RTS/CTS, usted primero debería monitorear la red y estimar la cantidad de retransmisiones ocasionadas por colisiones. Si el nivel de colisiones es alto, entonces considere modificar el umbral de fragmentación.

En caso de que el porcentaje de colisiones sea inferior al **5%,** no utilice la opción de fragmentación ya que la sobrecarga de las tramas de fragmentación introduciría más taras que la reducción de colisiones no existentes.

3.3.2.4 Control de acceso a tavés de filtrado MAC

El filtrado MAC implica que sólo un grupo limitado de direcciones MAC conocidas puedan conectarse al punto de acceso. Esta es una medida de seguridad muy débil pero se puede usar en combinación con otras soluciones más avanzadas.

Un usuario avanzado puede capturar fácilmente los paquetes que vienen de la la red y encontrar a cuáles direcciones MAC se les ha concedido el acceso. Después, puede cambiar su propia dirección MAC a una de las aceptadas y "engañar" al punto de acceso fingiendo ser uno de los usuarios autorizados.

3.3.2.5 cifrado (WEP, WPA)



WEP (Wired Equivalent Privacy – Privacidad equivalente a la cableada) es un **viejo** protocolo de cifrado implementado hoy en día en la mayoría de los puntos de acceso. Aunque WEP ha demostrado tener grandes debilidades y no es considerada como una opción segura de cifrado, es frecuentemente usada entre los usuarios de conocimientos intermedios.

WEP usa el algoritmo de cifrado RC-4 de 40-bits para encriptar todos los datos antes de la transmisión entre el punto de acceso y los clientes. Muchos vendedores adicionan funciones de cifrado privativas a su software y alcanzan niveles de cifrado hasta de 128 bits.



La configuración WEP hecha en el punto de acceso siempre se debe reflejar en el lado del cliente. Asegúrese de que su dispositivo cliente soporta el protocolo de cifrado, el tipo de autenticación y la longitud de la clave que usted configuró en el punto de acceso.

Si selecciona habilitar WEP, elimine siempre las claves WEP que provee el fabricante por defecto y defina sus propias claves privadas. Su está usando una clave de 64-bits nominales (Clave real de 40-bits), debe ingresar una clave de 10 caracteres hexadecimales (0-9, a-f, o A-F). La clave de 128-bits, que provee mayor seguridad, consiste en una larga cadena hexadecimal de 26 caracteres.



!Recuerde! La alternativa actual a WEP es WPA (Wi-Fi Protected Access por su siglas en inglés), que es un protocolo de cifrado que fue diseñado para manejar los problemas de WEP. WPA2 es la segunda generación de WPA basado en el estándar 802.11i (enmienda).

Aún hoy (2007), muchos puntos de acceso en el mercado soportan sólo WEP por defecto. Normalmente encontrará que está disponible la actualización a WPA del *firmware* de puntos de acceso y clientes inalámbricos. Revise el sitio web del vendedor para saber si hay actualizaciones disponibles del firmware. Para mejorar la seguridad de la red utilizando cifrado WPA, debe actualizar el firmware de los siguientes componentes:

- Puntos de acceso inalámbrico.
- Adaptadores de red inalámbrica.
- Programas de cliente inalámbrico (manejadores o *drivers*, herramientas de gestión, etc.).

3.3.2.6 Restricción de acceso a través de autenticación

El acceso restringido a una red a través de autenticación, se puede hacer utilizando un servidor de autenticación Radius (Remote Dial-Up Service). Al implementar un servidor de autenticación Radius, el punto de acceso actúa como un "Cliente Radius" y debe estar al tanto de los ajustes definidos en la base de datos del Servidor Radius. Como parte de las funciones MAC del estándar IEEE 802.11, los puntos de acceso ofrecen Autenticación en sistemas abiertos (Open system authentication) y también en algunos casos Autenticación por clave compartida. Puesto que ninguno de dichos sistemas de autenticación han demostrado ser seguros, hoy en dia muchos puntos de acceso incluyen mecanismos IEEE 802.1x para permitir la autenticacón de usuarios a través de un servidor de autenticación externo. El tema de autenticación está fuera del alcance de esta unidad y no se discutirá más a fondo.

3.3.2.7 cifrado punto a punto

El cifrado punto a punto es la forma más segura de proteger la transferencia de datos valiosos. Una VPN (Red Privada Virtual) ofrece servicio de cifrado punto a punto y hoy en día es soportada por muchos puntos de acceso.

En caso de implementar una VPN, el punto de acceso permite el paso a través de PPTP/IPSec. VPN está más allá del alcance de esta unidad y no se discutirá más a fondo.

El cifrado punto a punto es la forma más segura de proteger la transferencia de datos valiosos. Una VPN (Red Privada Virtual) ofrece servicio de cifrado punto a punto y hoy en día es soportada por muchos puntos de acceso. En caso de implementar una VPN, el punto de acceso permite el paso a través de PPTP/IPSec.

VPN está más allá del alcance de esta unidad y no se discutirá más a fondo.

3.3.2.8 Sistema de Distribución Inalámbrico WDS (Wireless Distribution System)

Este sistema permite la conexión inalámbrica entre puntos de acceso, haciendo puenteo a Nivel de la capa 2 entre todas las estaciones registradas en los puntos de acceso conectados mediante WDS.

En WDS un punto de acceso puede comportarse como AP o Puente, facilitando que la red se extienda sin necesidad de cables. Todos los AP de la red deben utilizar el mismo canal de radiofrecuencia y deben compartir la clave WEP, aunque pueden usar SSID diferentes.

La conexión de las estaciones se realiza en la capa 2 ya que se utiliza las direcciones MAC de las tarjetas inalámbricas de origen y destino, que gracias a WDS se conservan en dos campos adicionales dentro de los paquetes transferidos.

WDS puede ser usado para proveer dos modos de conexión inalámbrica entre puntos de acceso:

- Puente inalámbrico que solo permite la comunicación entre dos puntos de acceso sin que otro cliente inalámbrico pueda acceder
- Repetidor inalámbrico que permite que un Punto de Acceso se comunique con otros puntos de acceso y estaciones cliente

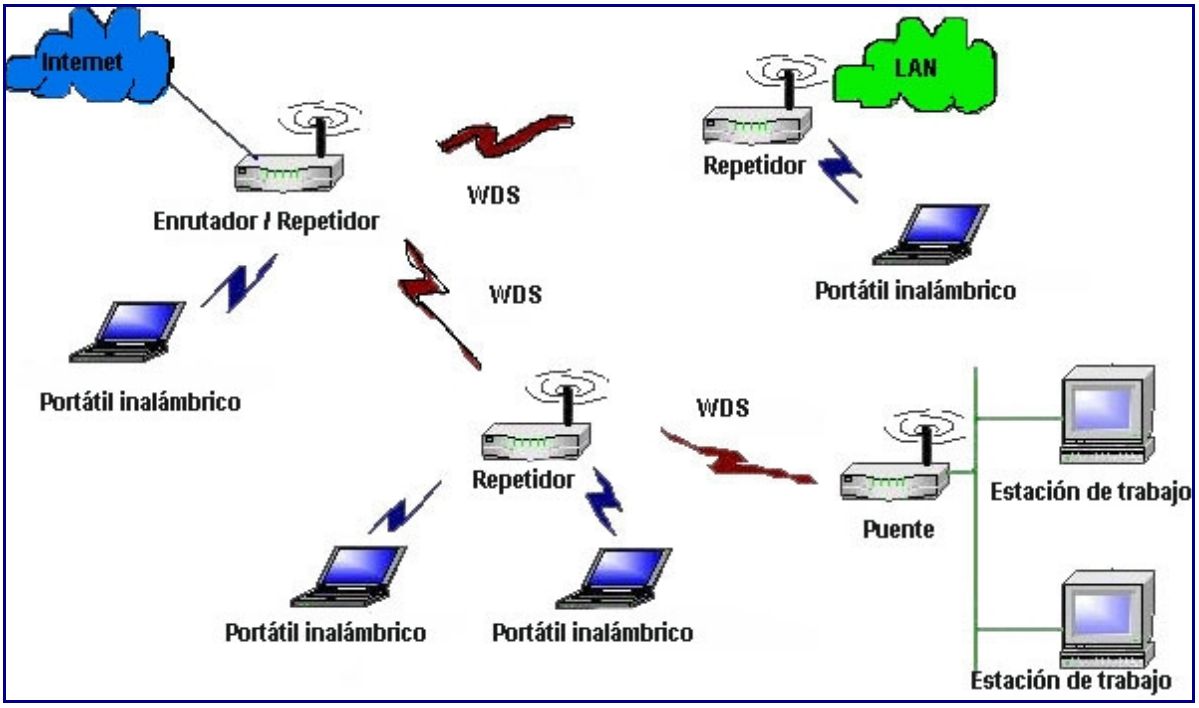


Figura 2: Sistema de Distribución Inalámbrico WDS (Wireless Distribution System)

3.3.3 La capa de red

Estrictamente hablando, la capa de Red no es parte de las redes inalámbricas de comunicación. Sin embargo, muchos puntos de acceso no son “transparentes” e incluyen funcionalidades adicionales como enrutamiento y enmascaramiento (NAT).

La siguiente tabla describe brevemente cada uno de los parámetros involucrados en la capa de red:

Opción	***Descripción***
Dirección IP	La dirección IP de un punto de acceso no es necesaria para realizar sus tareas básicas (actuar como concentrador inalámbrico). La dirección IP se usa para acceder al dispositivo desde una aplicación web y facilitar el proceso de configuración. Si el punto de acceso es usado como un enrutador inalámbrico, su dirección IP debería estar en la misma subred del enrutador al que está unido y se deben definir las reglas apropiadas de enrutamiento.
Máscara de red	*Netmask*. Ver “Conexión de redes inalámbicas avanzadas”
Pasarela	*Gateway*. Dirección IP de la conexión de salida de su red.
DNS	Dirección IP del servidor de DNS que se anuncia por DHCP a los clientes inalámbricos.

Tabla 1: Opciones de un punto de acceso relativas a la capa de Red.

3.3.4 Capa de aplicación

Los ajustes más importantes de todo el proceso de configuración se encuentra en la capa de aplicación. Estos ajustes están protegidos mediante la “contraseña de administración” del punto de acceso. El dispositivo viene normalmente con una contraseña por defecto (usuario:admin contraseña:admin) que le recomendamos encarecidamente cambiar inmediatamente por una más segura.



Evite las contraseñas que pueden relacionarse con usted como una persona u organización ya que pueden ser adivinadas fácilmente

Si una persona “indeseada” accede a la contraseña de admin, él o ella pueden “secuestrar” su punto de acceso y cambiar la contraseña de modo que no pueda acceder a él. En este caso la única solución es reiniciar (resetear) manualmente el punto de acceso o conectarlo a través de la interfaz serial y cambiar la contraseña.

4. Instalación de clientes: Parte A - Linux

4.1 Seleccionando el hardware inalámbrico

Uno de los desafíos de utilizar Linux en una estación de trabajo (computadora portátil o de escritorio) es que muchos de los vendedores de hardware solo suplen manejadores (drivers) para su hardware que funcionan en los principales sistemas operativos privativos. Por lo tanto a menudo se deja a desarrolladores voluntarios la tarea de hacer que esos dispositivos de hardware trabajen bajo Linux, esto frecuentemente con muy poco o ningún soporte de los vendedores. Esto significa sobre todo que el nuevo hardware podría no ser soportado en los primeros meses de aparición en el mercado y en algunos casos, nunca ser soportado. Además, lograr que un dispositivo de hardware específico funcione bajo Linux a menudo requiere mayor trabajo que hacer que funcione bajo Windows.

Por estas razones es recomendable tomar un tiempo para investigar sobre el mejor hardware para su distribución de Linux, y dependiendo de su habilidad y experiencia con Linux, definir cuál hardware es soportado por las utilidades gráficas que son suplidas con su distribución.



Para seleccionar el hardware inalámbrico para Linux hay que tomar en cuenta: tipos de hardware; chipsets inalámbricos; hardware soportado; hardware no soportado y diferencias entre drivers.

4.1.1 Tipos de hardware

Las tarjetas inalámbricas para clientes a menudo vienen en uno de los siguientes factores de forma:



a) Tarjeta PCI



b) USB

Figura 3: Tipos de hardware

Tarjetas PCI

Las tarjetas PCI se encuentran a menudo dentro de computadores de escritorio o servidores. Se requiere abrir la carcasa del computador por lo que su instalación podría ser un poco más difícil que la de otras opciones.

Adaptadores USB

Los adaptadores USB funcionarán en la mayoría de computadores de escritorio y portátiles (los computadores más modernos soportan el conector USB estándar). Estos adaptadores son pequeños, no se requiere abrir el computador y se pueden colocar y remover de forma muy sencilla. Sin embargo, bajo Linux, no todos los adaptadores USB son soportados, y la mayoría de manejadores empiezan por soportar PCMCIA (PC Card) y PCI antes de incluir el soporte para USB.

PCMCIA o PC Card

Estas tarjetas son hechas específicamente para computadoras portátiles, que tienen puertos PCMCIA. Estas tarjetas ocupan poco espacio y no se requiere abrir la computadora para instalarlas. Los computadores de escritorio no tienen ranuras PC Card, pero existen adaptadores PC Card a PCI y PC Card a ISA que pueden utilizarse para aprovechar hardware existente.

Mini-PCI

Las tarjetas Mini-PCI son esencialmente versiones de factor de forma pequeño de las tarjetas tipo PCI, que a menudo están incorporadas a las computadoras portátiles o en dispositivos dedicados al acceso inalámbrico. Aunque es posible instalarlas en algunos portátiles, esto muy probablemente anularía la garantía. Muchos computadores portátiles modernos vienen con tarjetas mini-PCI pre instaladas. En términos de instalación de manejadores son equivalentes a las tarjetas PCI.



Figura 4: Una tarjeta PC Card (PCMCIA)

4.1.2 Chipsets inalámbricos

Aunque hay cientos de fabricantes que producen hardware inalámbrico para computadoras, solo unas 10 compañías hacen los *chipsets* (conjunto de circuitos integrados utilizados para el acceso inalámbrico) que utilizan las tarjetas. Y debido a que a menudo los drivers para Linux no son desarrollados por los fabricantes, cada controlador trabajará generalmente para un chipset específico,

y por lo tanto para varias tarjetas de diferentes fabricantes. Es importante conocer cuál chipset está en una tarjeta específica antes de comprarla, ya que esto dice más sobre su soporte en Linux que la información sobre la marca del fabricante. Por ejemplo, hay varias compañías que producen tarjetas con el chipset prism2 o prism2.5, y todas ellas trabajan con los mismos controladores. *Vea "Dispositivos inalámbricos, sus chipsets y manejadores" en los Recursos adicionales para más información*.



Algunos de los chipset más comunes son:

- Atheros (driver recomendado: madwifi).
- Intel Pro/Wireless 2100 & 2200 (driver ipw2100/ipw2200).
- Prism2/2.5/3 (driver hostap o wlan-ng).
- Orinoco (orinoco_cs).
- Broadcom (actualmente no cuenta con controlador nativo de Linux).

4.1.3 Hardware soportado

La mayoría de las distribuciones de Linux tienen en sus sitios web una lista del hardware soportado. Algunas listas son muy extensas, mientras otras solo muestran el hardware de demostrada compatibilidad. Para utilizar Linux es recomendable revisar primero esta lista. Si su tarjeta no está en la lista, quizá considere usar una distribución diferente, o comprar una tarjeta diferente. Es conveniente revisar si se ofrece soporte para otra tarjeta basada en el mismo chipset, pues esto es lo que en definitiva importa.



También puede usar Google (www.google.com) para buscar una tarjeta específica con una distribución específica, esto a menudo le mostrará si hay problemas conocidos con esa combinación.

4.1.4 Hardware no soportado

Si usted termina con una tarjeta que no es soportada por su distribución, todavía hay algunas opciones disponibles. Primero que todo, generalmente es posible compilar los drivers en la versión del kernel usada por su distribución, y cargarlos como módulos del kernel. Mire los sitios web individuales de los drivers para tener mayor información sobre esto. Algunos fabricantes proveen drivers binarios (no de fuente abierta) para su hardware, y podrían ayudarle directamente. También hay dos proyectos que están implementando una capa de compatibilidad que permite a Linux usar los manejadores para Windows XP provistos para casi todas las tarjetas. Estos proyectos son "ndiswrapper" que es software

libre y "*Driverloader" solución comercial de "Linuxant". Ver "Drivers inalámbricos" en Recursos Adicionales para mayor información.*

4.1.5 Diferencias entre drivers

Vale la pena notar que no todos los drivers son creados iguales. Mientras que la mayoría de los drivers de tarjetas inalámbricas para Linux soportan las funcionalidades básicas para permitirle conectarse a un Punto de Acceso con o sin cifrado WEP básica, puede haber diferencias en cuanto al soporte de funcionalidades más avanzadas.



Esto puede ser importante si usted está buscando hacer algo como lo siguiente:

- Usar la tarjeta en modo *ad hoc.*
- Usar su caja Linux como un punto de acceso inalámbrico.
- Usar cifrado y autenticación avanzada WPA y WPA2.
- Usar una herramienta de escaneo inalámbrico para encontrar redes inalámbricas existentes.

Además algunos chipsets son soportados por varios drivers cada uno de los cuales ofrece diferentes características, de manera que vale la pena examinar las alternativas, aún cuando su tarjeta tenga el soporte básico en su distribución.



Aquí están algunos ejemplos de diferencias entre drivers:

- El driver linux-wlan-ng no soporta *wireless-tools*, y no es soportado por muchas utilidades inalámbricas.
- El driver orinoco_cs no soporta el escaneo para redes a menos que sea parchado y recompilado.
- Madwifi (chipset Atheros) es el único driver que soporta multi banda (802.11a/b/g) bajo linux.
- Los drivers hostap y madwifi tienen buen soporte para montar un punto de acceso inalámbrico (802.11 modo maestro).

4.2 Instalando el dispositivo inalámbrico

Esta sección dará una breve introducción acerca de la instalación de manejadores de dispositivos inalámbricos bajo Linux.

4.2.1 Preparando la instalación



Antes de empezar, busque siempre el sitio web de su distribución para conseguir información sobre la instalación inalámbrica en general y su hardware particular. De esta manera puede conocer de antemano detalles y problemas específicos. También use Google u otro buscador para buscar el nombre de su tarjeta y distribución (p.e. "Linksys WPC54G Fedora Core" y también "Problems Linksys WPC54g Fedora Core").

Si encuentra una guía oficial o no oficial para la instalación de su tarjeta inalámbrica bajo esa distribución específica, úsela y salte el resto de este capítulo.

Si es posible, tenga la tarjeta insertada cuando instale la distribución, ya que muchas distribuciones tienen una excelente detección de hardware durante la instalación.

Puede hacerlo utilizando el comando ***iwconfig***.

Abra una ventana de terminal y teclee: **# which iwconfig**

Si ve la ruta del programa ***iwconfig*****,** usted tiene el paquete instalado. Si no, busque un paquete llamado "wireless-tools" usando el administrador de paquetes de su distribución.

Las distribuciones más modernas deberían tener el paquete disponible, si no instalado por defecto. Si no, usted necesita instalar el paquete wireless-tools (herramientas de red inalámbrica).

Vea "Herramientas para redes inalámbricas" en los Recursos Adicionales, para mayor información.

4.2.2 Insertando la tarjeta

Si la tarjeta aún no está insertada o conectada, este es un buen momento para hacerlo. Entonces debemos comprobar si la tarjeta fue detectada automáticamente por su distribución. Para esto abra la interfaz del Gestor de red inalámbrica (Network manager) que su distribución utiliza por defecto (figura 5). El siguiente ejemplo es de la versión "Warty Warthog" de Ubuntu, usando el administrador de redes inalámbricas que trae por defecto Gnome.

En este punto su tarjeta debería estar lista para ser usada, y todas las opciones de red inalámbrica pueden fijarse usando el gestor de redes inalámbricas gráfico de su distribución. En la sección 4.2 encontrará más información sobre cómo configurar su tarjeta.

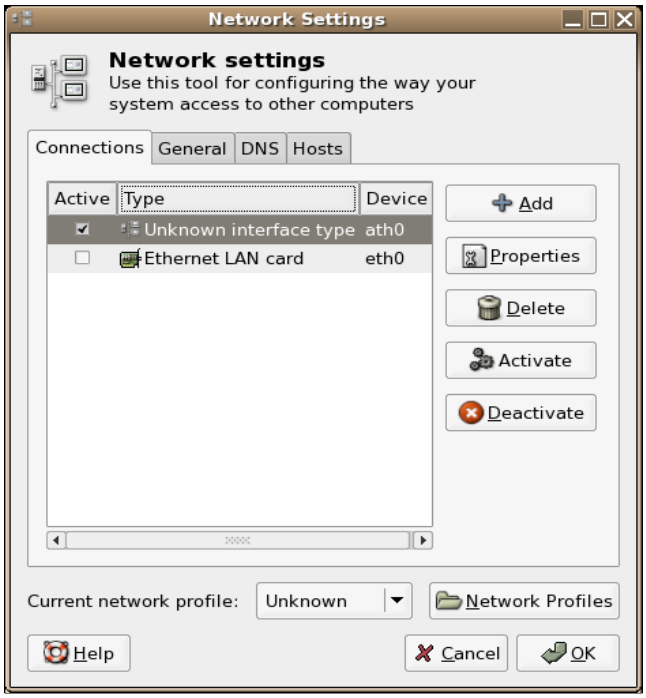


Figura 5: Gestor de red inalámbrica de Gnome

4.2.3 Identificando el chipset



Si su tarjeta no es detectada automáticamente por su distribución, usted debe identificar el chipset y el driver pertinente.

Algunos de los comandos y herramientas más importantes para identificar el hardware son:

lspci

Este comando lista todos los dispositivos PCI conectados a la computadora, y por lo tanto es útil para dispositivos PCI y mini-PCI.

cardctl ident

El comando cardctl es usado para controlar los dispositivos PCMCIA de los computadores portátiles. Al usarlo con el parámetro “ident” retornará información sobre el hardware en los puertos PCMCIA de las computadoras.

usbview

usbview es una utilidad gráfica que está incluida (o cuenta con paquetes disponibles para fácil instalación) en muchas distribuciones. Proporciona una vista en estilo de árbol de todos los dispositivos USB conectados al computador.

hal-device-manager

Esta utilidad gráfica reemplaza el comando usbview en las distribuciones que basan su hardware en HAL (Hardware Abstraction Layer) y dbus. Esta muestra el mismo tipo de información, pero referente a todo el hardware conectado al computador, incluyendo dispositivos USB, PCMCIA, PCI y mini-PCI.

dmesg

Este comando imprime el buffer de anillo del kernel, que contiene mensajes generados por el kernel cuando este inicia y detecta los dispositivos de hardware conectados a la computadora.

Alternativamente al uso de estos comandos puede buscar en Internet información sobre dispositivos inalámbricos y sus chipsets. *Vea "Dispositivos inalámbricos, sus chipsets y manejadores" en Recursos Adicionales, para más información.* Sin embargo, se ha sabido que algunos fabricantes cambian los chipsets sin cambiar el número del modelo de sus tarjetas, de manera que esta información no siempre es exacta.

4.3.2.1 Ejemplo: Identificar el chipset de un Linksys WPC54G en Ubuntu

La Linksys WPC54G es una tarjeta inalámbrica PCMCIA que usa un chipset que no es soportado automáticamente por Ubuntu, ya que actualmente no hay un driver nativo para Linux. En este ejemplo, nosotros usamos un IBM Thinkpad x31 corriendo el release "Warty Warthog" de Ubuntu Linux.

Después de insertar la tarjeta en el puerto PCMCIA, probamos con alguno de los comandos mencionados anteriormente para identificar correctamente el chipset.

Comando 1: # sudo cardctl ident

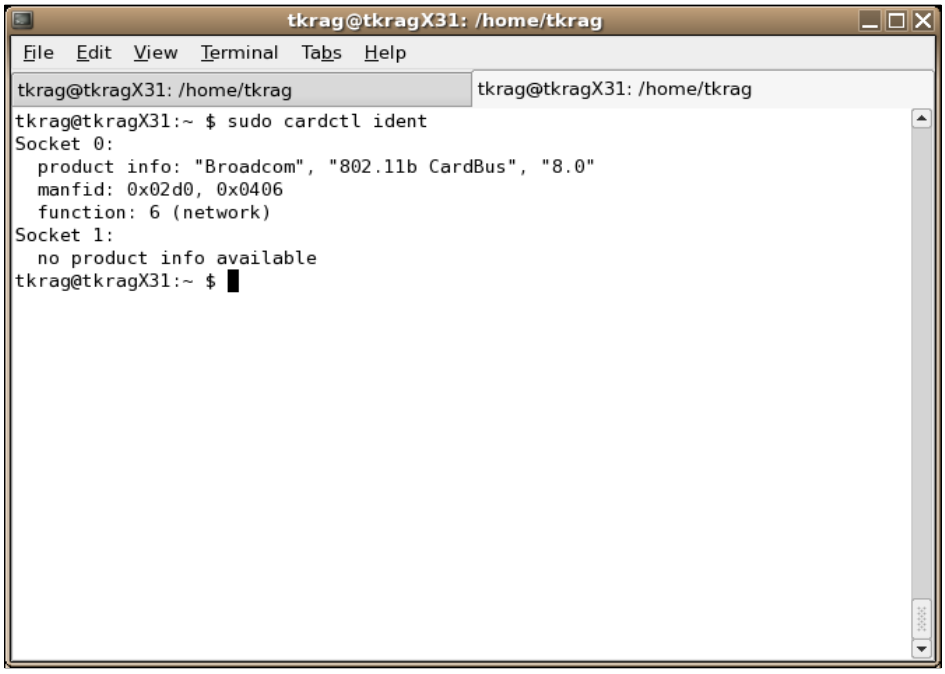


Figura 6: *cardctl ident* muestra el hardware está actualmente en los sockets PCMCIdel computador portátil.

Comando 2:# lspci

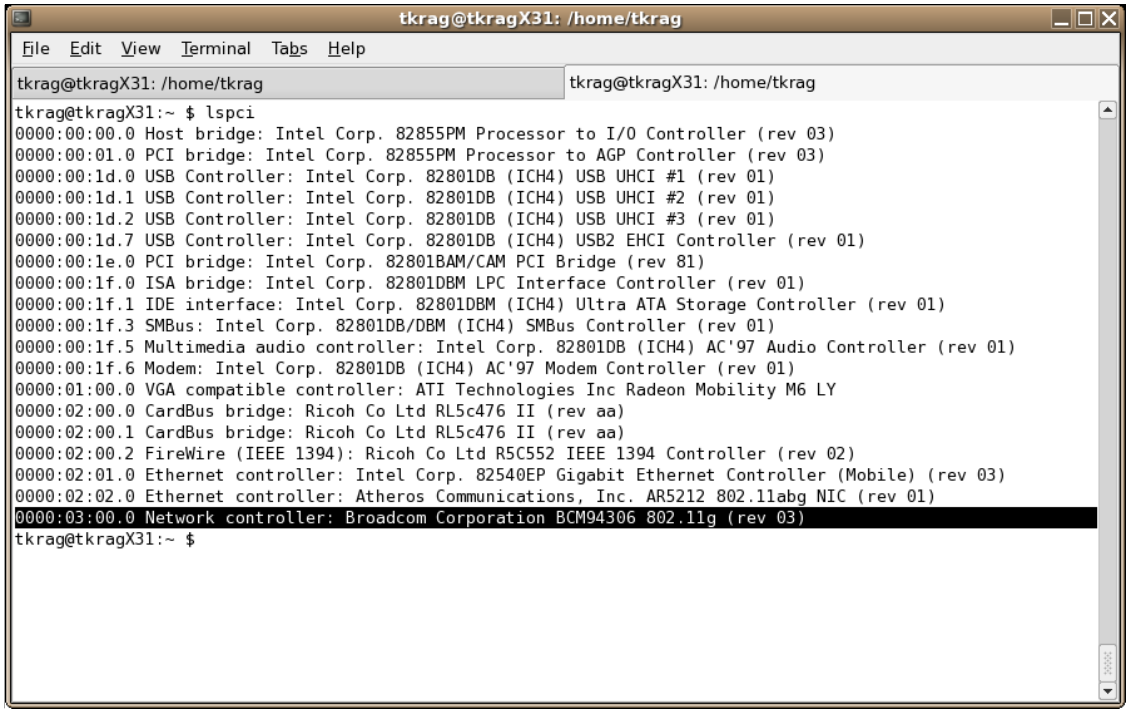


Figura 7: *lspci* lista todos los dispositivos PCI en el computador (incluyendo PCMCIA).

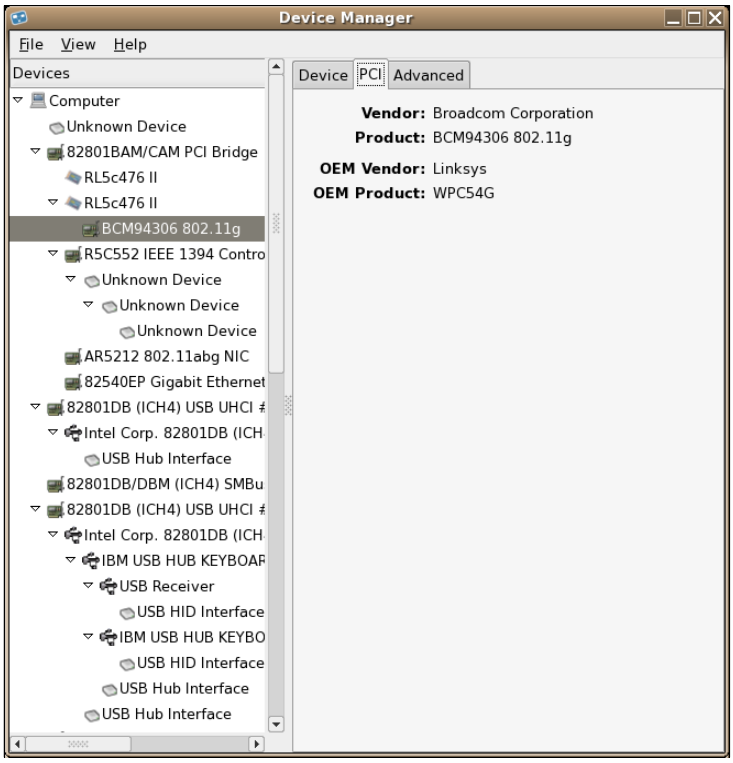


Figura 8: El *hal-device-manager* da una vista en estilo de árbol de todo el hardware en la máquina

Con esta información es muy fácil identificar la tarjeta como un *chipset* de *Broadcom*.



Algunas búsquedas en Google y sabremos que ese chipset *no tiene un driver nativo bajo Linux,* y por lo tanto debemos utilizar la utilidad ndiswrapper para instalar el driver de Windows. Buscando un *How-To* encontraremos varias páginas que describen como instalar la tarjeta bajo diferentes distribuciones.

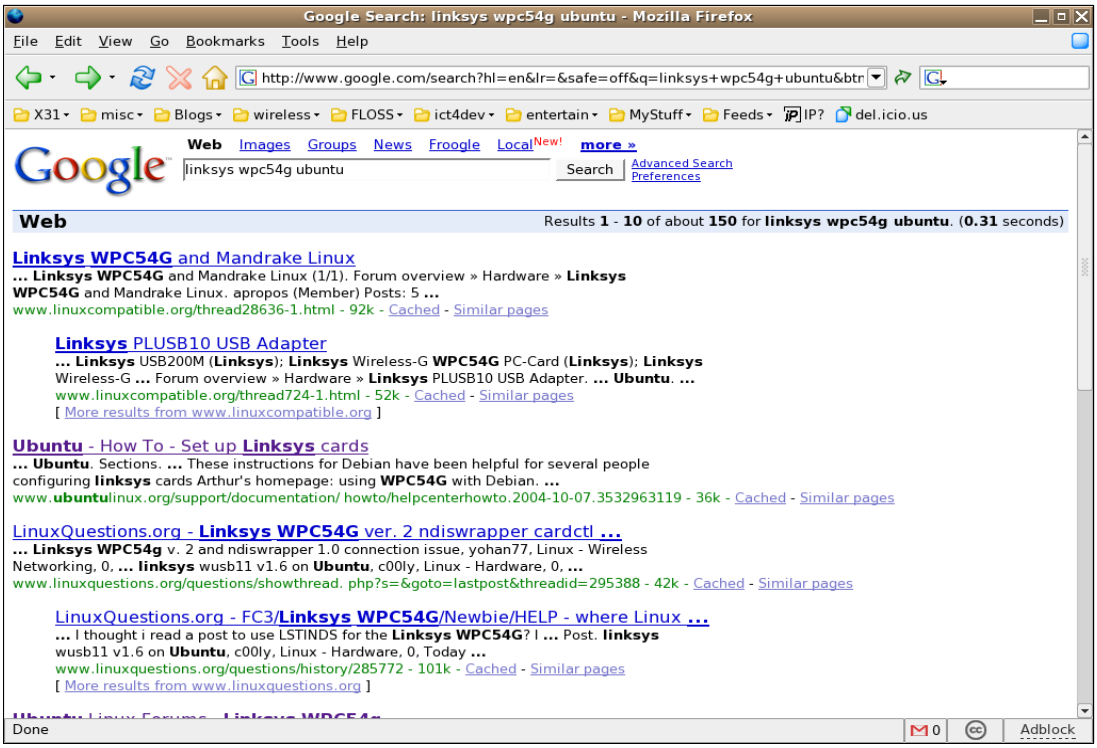


Figura 9: Google es nuestro mejor amigo cuando intentamos instalar hardware bajo Linux.

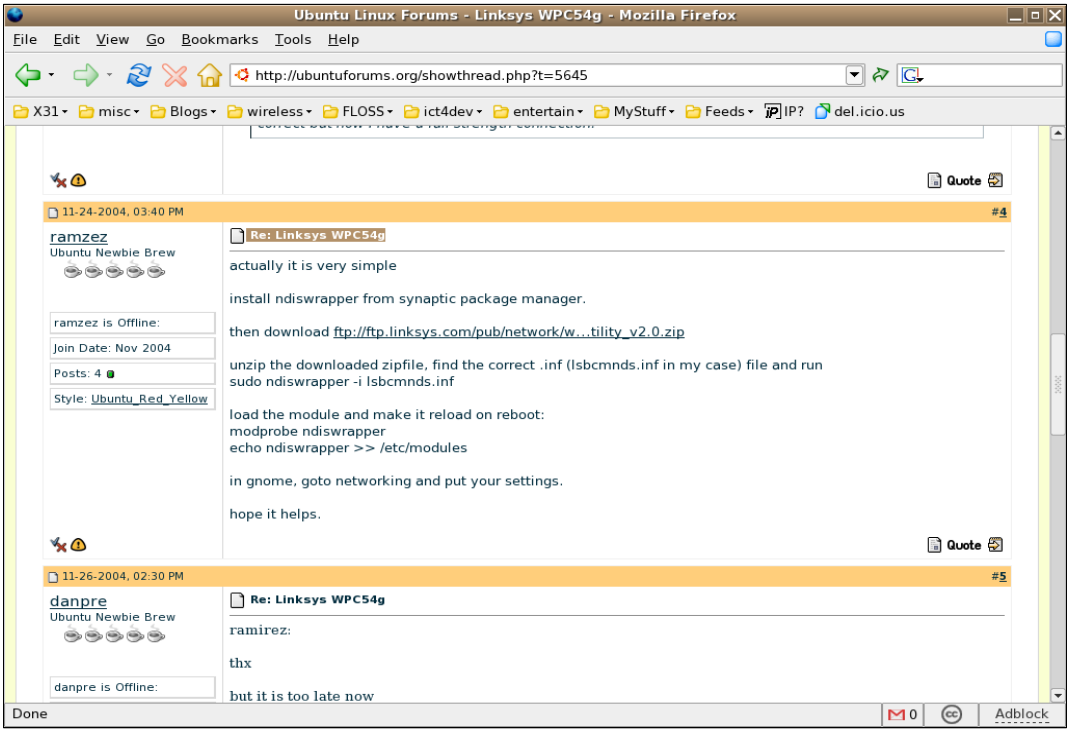


Figura 10: En este caso hay un buen manual para la tarjeta Linksys en los foros de Ubuntu.

De hecho, este caso es muy simple y se puede resumir como sigue:

instalar ndiswrapper desde el administrador de paquetes synaptic

descargar ftp://ftp.linksys.com/pub/network/wpc54g_v2_driver_utility_v2.0.zip

descomprimir el archivo .zip descargado, encontrar el archivo .inf adecuado (en mi caso lsbcmnds.inf) y correrlo

sudo ndiswrapper -i lsbcmnds.inf

cargar el módulo y reiniciar para recargarlo

modprobe ndiswrapper

echo ndiswrapper >> /etc/modules

en gnome, ir a *networking* y definir su configuración

Esto debería ser suficiente para definir una interfaz inalámbrica llamada wlan0 que puede ser configurada usando las herramientas gráficas típicas para conexión de redes.

4.3 Configurando el dispositivo inalámbrico

Una vez que la tarjeta ha sido instalada exitosamente, debemos preparar la red para conectarla al punto de acceso inalámbrico de nuestra elección, conseguir una dirección IP y así sucesivamente.

Los pasos básicos requeridos para la mayoría de las redes son:

1. Configurar el SSID (nombre de la red inalámbrica).
2. Seleccionar DHCP o dirección IP estática.
3. Habilitar o deshabilitar la clave de seguridad WEP.
4. Activar la red.

4.3.1 Ejemplo 1: Ubuntu con Gnome

Esta sección muestra cómo montar la interfaz inalámbrica bajo Ubuntu (Warty Warthog) corriendo Gnome 2.08. El procedimiento debería ser el mismo para todas las distribuciones modernas basadas en Gnome.

Debemos iniciar el Gestor de Redes de Gnome que es una utilidad gráfica usada por Gnome para configurar la información de la Red.

Vaya a : > Menú de la computadora> Configuración del sistema > Conexión a redes

El sistema le pedirá su contraseña para poder continuar.

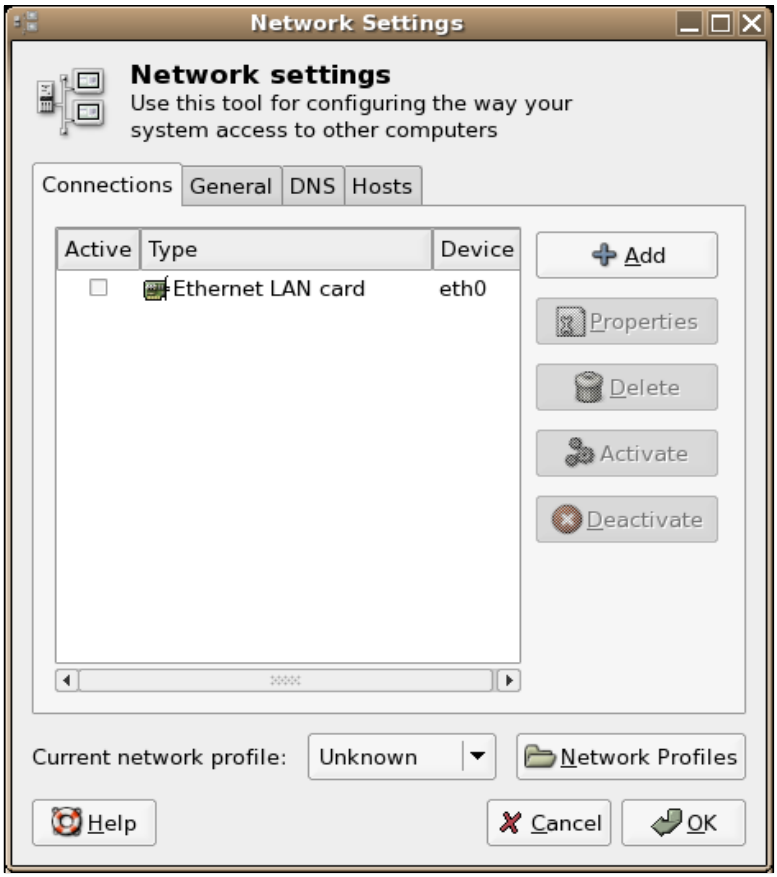


Figura 11: La red inalámbrica no es visible en la herramienta de configuración.

Si su tarjeta de red inalámbrica fue reconocida durante la instalación de la computadora portátil, o automáticamente reconocida por Ubuntu, debería haber una entrada con la interfaz de red en el menú. Sin embargo, en este caso, hemos acabado de instalar el ndiswrapper y el manejador de windows, y Ubuntu no ha reconocido e instalado automáticamente el dispositivo.

Pulse el botón **+ Add** para iniciar un instructivo que le ayudará a instalar la interfaz. Después de registrar toda la información relevante y completar el instructivo, la interfaz de red será incluida en la lista, y usted debería tener una conexión con su Punto de Acceso.

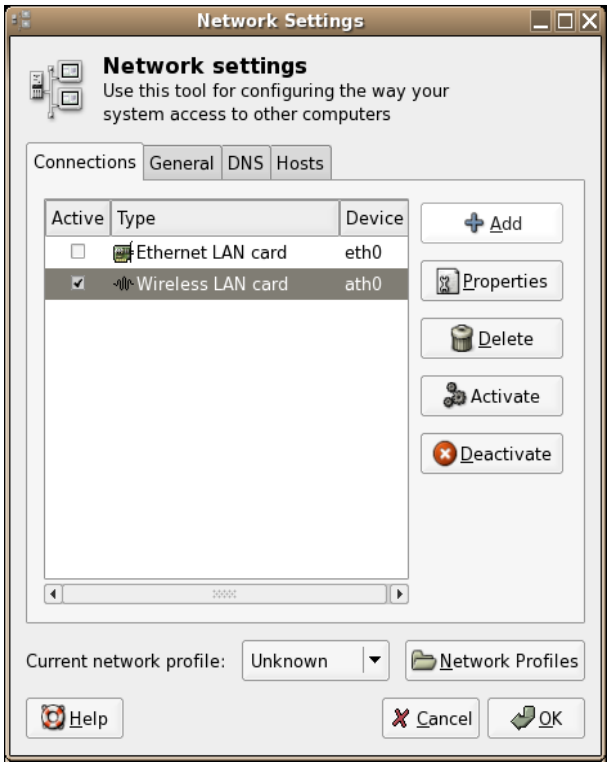


Figura12: La interfaz inalámbrica ha sido añadida al Gestor de Redes de Gnome.

5. Parte B: Instalación de clientes Windows XP

La instalación de clientes inalámbricos en Windows es un proceso sencillo, sin embargo hay dos cosas que lo/la pueden poner en apuros:

- Normalmente la tarjeta inalámbrica viene con una herramienta de Gestión de configuración y Windows tiene su propio gestor. Si los dos programas están activados habrá un conflicto que puede echar a perder las cosas. Simplemente seleccione uno de ellos y desactive el otro.
- La interfaz de radio que se encuentra en la mayoría de las nuevas computadoras portátiles se puede cambiar de encendida a apagada (on/off). Cuando empiece a configurar su dispositivo asegúrese que la interfaz esté encendida (On).

5.1 Seleccionando el hardware inalámbrico

Realmente no es un desafío seleccionar hardware inalámbrico con soporte para Windows. Cualquier hardware podrá utilizarse aquí. Es interesante comprobar la potencia de salida, la sensibilidad y la posibilidad de conectar una antena externa cuando compre una tarjeta externa.

5.2 Instalación del dispositivo inalámbrico

Para quienes usan Windows XP o Windows 2000, encontrar el driver necesario debería ser muy sencillo. Sin embargo, para versiones anteriores de Windows puede requerir un poco más de esfuerzo. Vea “Instalación de clientes inalámbricos en Windows 98” como ejemplo.

Windows XP tiene integradas herramientas para redes inalámbricas, y tendrá disponibles los drivers de la mayoría de equipos PCMCIA o USB sin que se requiera medios externos.

Conecte la tarjeta PCMCIA o dispositivo USB (las tarjetas PCI internas solo se usan en computadores de escritorio y se requieren herramientas para su instalación). Windows XP detectará el nuevo software e instalará el driver más apropiado. Si ya cuenta con acceso a Internet a través de cable, incluso podría descargar la versión más reciente del driver desde Internet.

En el caso de tarjetas específicas de modelo muy nuevo, refiérase a la instalación manual del driver en el documento “Instalación de clientes inalámbricos en Windows 98”.

Instale su adaptador de red inalámbrica en Windows XP con SP2. Este proceso incluye la instalación de los drivers apropiados para que su adaptador de red inalámbrica aparezca como una conexión inalámbrica en Conexiones de Red.

5.3 Configuración del dispositivo inalámbrico

A menos que diga algo diferente, Windows XP siempre seleccionará conectar a la red inalámbrica que provea la mejor señal, pero le pedirá confirmar antes de conectar a una red no cifrada. Cuando el cliente esté dentro del rango de un punto de acceso inalámbrico, en el área de notificación de su barra de tareas aparecerá un mensaje diciendo “Redes inalámbricas detectadas”.

Un clic izquierdo sobre el icono de conexión inalámbrica en la barra de tareas (imagen 12) le permitirá seleccionar entre las redes inalámbricas disponibles.



Figura 13: Icono en la barra de tareas mostrando que hay redes inalámbricas disponibles.

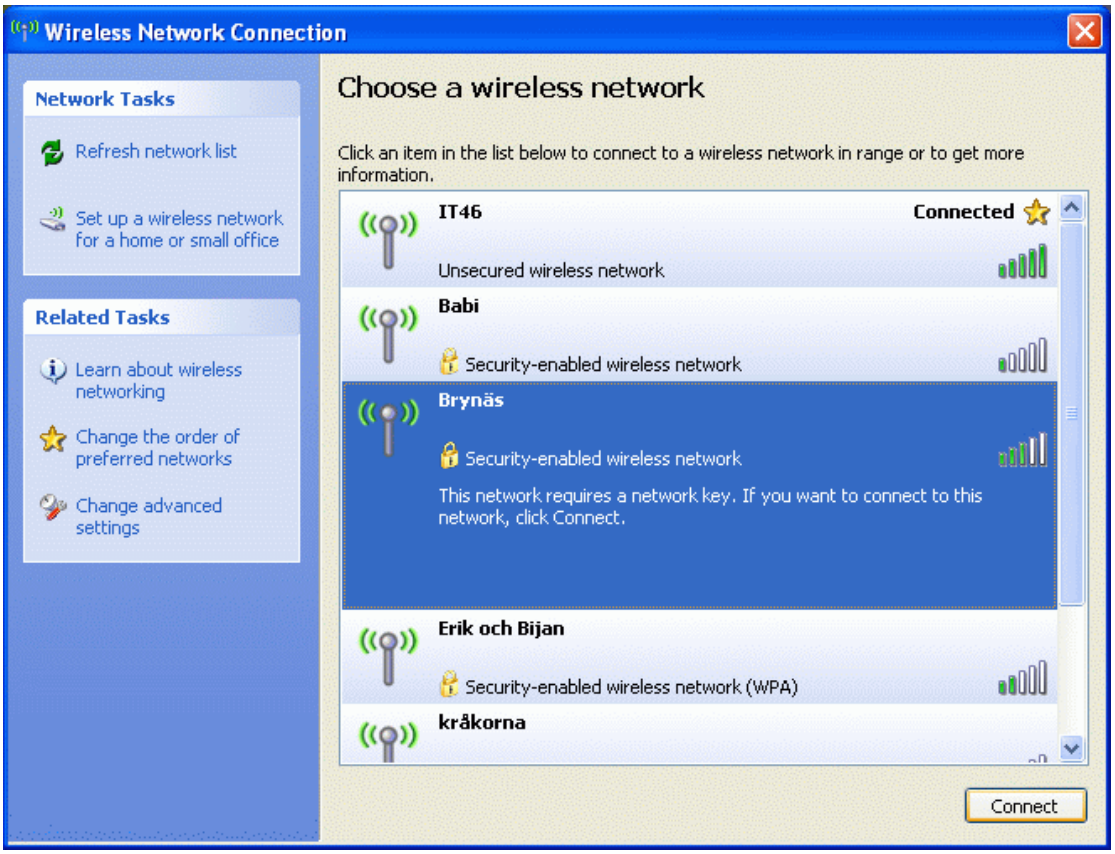


Figura 14: Listado de redes inalámbricas. El candado dorado identifica las redes cifradas.

5.3.1 Paso 1: Seleccione la red

Puede seleccionar una red escogiendo el SSID de la red con la que desea conectarse. El SSID (Identificador de conjunto de servicio - Service Set Identifier-) es el nombre de la red. Cuando más de un punto de acceso usa el mismo SSID, es llamado ESSID (Identificador de conjunto de servicio extendido - Extended Service Set ID).

Si usted escoge conectarse a una red que no está usando cifrado (WEP/WPA), simplemente seleccione el SSID y acepte que desea conectarse a una red no protegida. Después de esto, el cliente intentará conectarse a la red seleccionada.

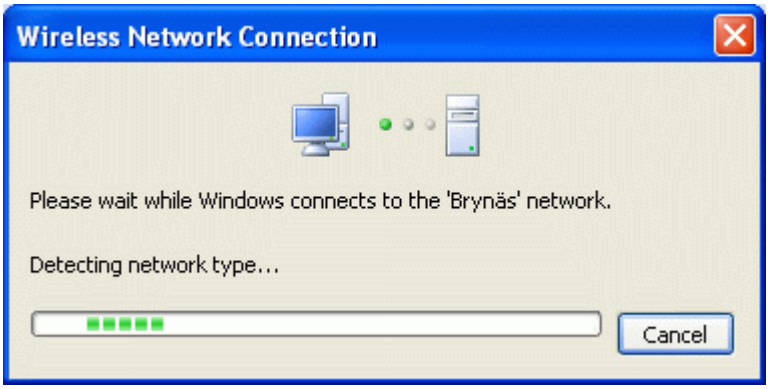


Figura 15: Iniciando la conexión a la red inalámbrica seleccionada.

Si su red usa cifrado (configurado en el punto de acceso) usted requerirá una clave de cifrado antes de que pueda conectarse. La clave de cifrado (encriptación) debería ser la misma con la que configuró el punto de acceso a utilizar.

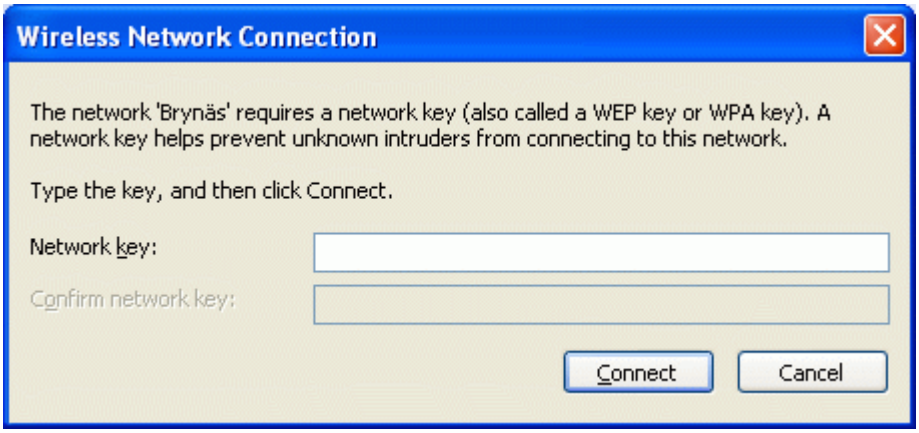


Figura 16: Para las redes cifradas, se comparte la clave entre el punto de acceso y sus clientes.

Si el mensaje de estado (desplegado en la esquina superior derecha del recuadro que corresponde a la red que usted ha seleccionado) es "*Conectado*", usted ha logrado conectarse exitosamente al punto de acceso (ver Figura 14).

Si, en cambio, el mensaje de estado es "*Autenticación no exitosa",* haga lo siguiente:

- Seleccione Cambiar el orden de las redes preferidas (en la lista de Tareas relacionadas).
- Seleccione la pestaña Redes Inalámbricas, que encontrará en las Propiedades de su adaptador de red inalámbrica y pulse el nombre de su red inalámbrica en Redes preferidas. Entonces pulse Propiedades y visualizará la pantalla siguiente:

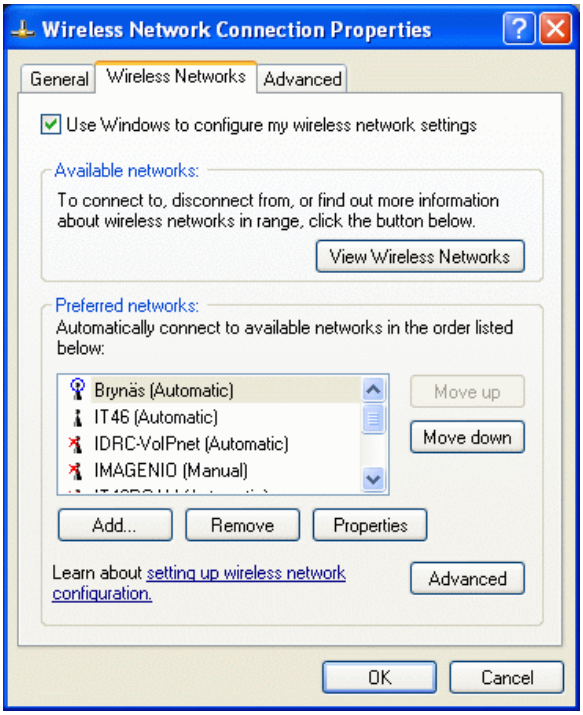


Figura 17: Seleccione la red que desea configurar manualmente.

- En Autenticación de red, seleccione Abierta (en la lisa de Tareas relacionadas).
- En cifrado (encriptación) de datos seleccione WEP.
- En Clave de red (y Confirmar clave de red) teclee la clave de cifrado WEP (idéntica a la clave que registró en el punto de acceso).
- En Índice de clave, seleccione el índice de la clave principal que corresponde a la posición en memoria de la clave de cifrado en el punto de acceso.
- Seleccione OK para guardar los cambios (Redes inalámbricas).
- Seleccione OK para guardar los cambios (Adaptador de redes inalámbricas).

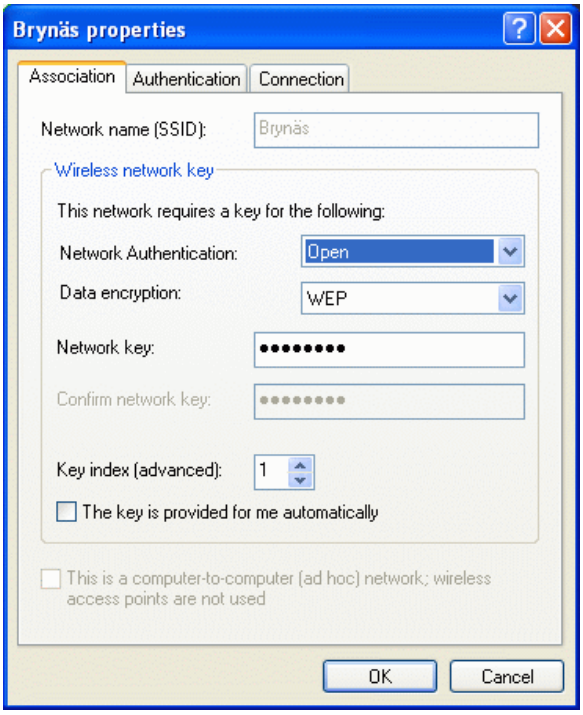


Figura18: Configuración manual de la clave WEP

5.3.2 Paso 2: configuración IP

Ahora es momento de ajustar las opciones de TCP/IP. Dependiendo de cómo ha configurado su punto de acceso, puede obtener una IP dinámica a través de DHCP o fijar manualmente una dirección IP estática.

Si el punto de acceso está configurado para DHCP, ya debería tener una dirección IP. Verifique su configuración IP desde la línea de comandos:

ipconfig

Si a pesar de que se supone que los puntos de acceso le dan una dirección IP (por DHCP), no la ha obtenido, intente lo siguiente:

ipconfig /release all

ipconfig /renew

Si necesita configurar manualmente los parámetros TCP/IP, pregunte a su administrador de red los parámetros de red a usar. Luego haga lo siguiente:

Inicio > Panel de Control > Conexiones de red

Déle un clic derecho sobre Conexiones de red inalámbrica y seleccione Propiedades.

Seleccione la pestaña General y desplacése hacia abajo en el menú hasta que encuentre Protocolo de Internet (TCP/IP), luego seleccione Propiedades y registre manualmente los parámetros de red.

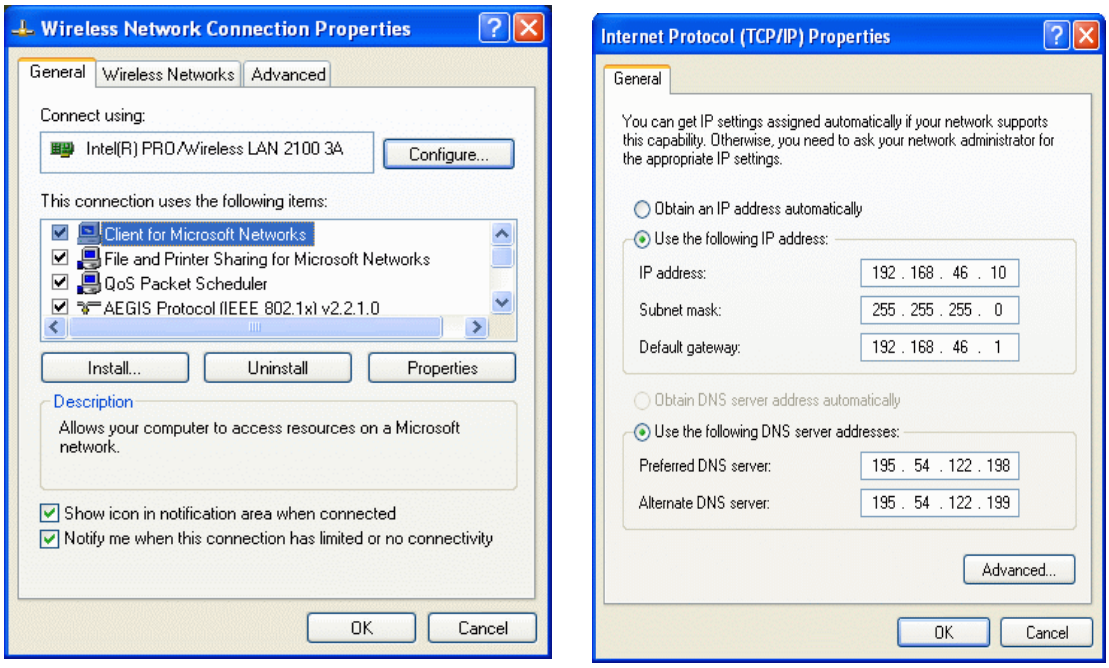


Figura 19: a) Seleccione Propiedades para configurar Protocolo Internet (TCP/IP).

b) Ajuste los parámetros IP manualmente incluyendo el servidor DNS preferido.

Le recomendamos usar la última versión del Service Pack para Windows XP. Las herramientas inalámbricas han sido mejoradas para SP2, especialmente en lo referente a la elección de la red a la que se desea conectar, y al firewall definido por defecto.

6. Conclusiones

Considerando lo visto en la primera parte de esta unidad referente a la Instalación de Puntos de Acceso, podemos decir que la configuración de un punto de acceso o un enrutador inalámbrico se puede resumir en los siguientes grandes pasos:

1. Entender el hardware y la solución que desea implementar.
2. Definir los parámetros inalámbricos relativos a la capa física como canal, SSID, potencia de transmisión y velocidad.
3. Definir los parámetros inalámbricos relativos a la capa de enlace como cifrado o control de acceso MAC.
4. Si quiere usar las funcionalidades de red de su punto de acceso definir los parámetros relativos a la capa de red como enrutamiento/NAT o servidor DHCP.

El desafío no es sólo aprender los menús de la herramienta de configuración, sino comprender mejor qué hace cada uno de los parámetros. Cada fabricante tendrá una configuración diferente para la interfaz, pero los "conceptos" van a ser los mismos.

Por otro lado, podemos concluir que el principal desafío que debemos afrontar en la Instalación de Clientes Inalámbricos, es determinar si el producto es soportado (hardware o software) por el sistema operativo que desea usar. En Windows esto casi nunca es un problema ya que los vendedores de hardware diseñan sus productos para trabajar con Windows. Para distribuciones Linux, esto puede volverse un desafío si el hardware inalámbrico está basado en un nuevo chipset para el que actualmente no hay drivers disponibles.



¡Si ese es el caso, sólo debe ser paciente y puede estar seguro de que la comunidad Linux le proveerá una solución en unos meses!

Los cinco asuntos principales a recordar de la segunda parte de esta unidad, con respecto a la instalación de clientes inalámbricos, se pueden resumir de la siguiente forma:

1. El éxito en la instalación de un cliente inalámbrico para Linux depende en gran medida de qué tan bien hizo el pre estudio sobre el driver y el soporte del chipset.
2. Si desea evitar problemas, antes de comprar el hardware para el cliente inalámbrico asegúrese de que esté soportado por su distribución.
3. Use Internet (Google) para averiguar sobre experiencias al realizar la misma tarea.
4. Asegúrese de conocer la configuración de red y radio (SSID, WEP, configuración IP) del punto de acceso al que desea conectarse.
5. Cuando trabaje con Windows, asegúrese de que sólo una Herramienta de gestión de configuración está corriendo pues de otro modo pueden ocurrir conflictos.

7. Ejercicios

7.1 Configuración de puntos de acceso

Se sugiere que los siguientes ejercicios sean realizados en grupo. Esta sugerencia se puede ajustar a las necesidades y habilidades específicas de los participantes del taller.

Imagine una situación típica:

- Existe una conexión a Internet, que puede ser una línea fija, DSL o conexión satelital.
- Usted desea permitir que muchos usuarios compartan la línea a través de un punto de acceso inalámbrico conectado a dicha línea.

¿Qué necesitará?: Una computadora, navegador, un mecanismo para conectar el punto de acceso (red inalámbrica o por cable).

Realice los siguientes pasos:

¡Restablezca (reset) el dispositivo!

¿Cómo lo va a hacer? _____

Conecte el punto de acceso. Requerirá conocer la configuración por defecto. Por favor registre los datos a continuación.

IP WAN: _____

IP LAN: _____

SSID: _____

Canal: _____

¿Tiene habilitado cifrado WEP? _____

¿Tiene habilitado DHCP? _____

Asigne una nueva clave al punto de acceso !Ahora! :)

Escríbalo aquí: _____

Cambie los parámetros de red –¡defina que el extremo del punto de acceso inalámbrico trabaje en la subred 10.11.12.x!

Si es necesario, ajuste las opciones de su computadora para reconectar el punto de acceso.

Escriba a continuación los datos de la configuración actual de red de su computadora:

_____

Cambie el canal a 14 – si está permitido en su país.

Ajuste los parámetros de su computadora; si es necesario, reconecte.

Cambie el SSID a un nombre de su selección:

Escríbalo aquí: _____

Ajuste los parámetros de su computadora. Si es necesario, reconecte.

Use el control de direcciones MAC, de manera que el punto de acceso sólo le permita el acceso a usted y a su vecino.

Escriba a continuación su dirección MAC:

_____

_____

_____

_____

_____

¿Cómo encontró su dirección MAC? _____

8. Recursos Adicionales

8.1 Puntos de acceso

8.1.1 En línea

Puntos de partida esenciales para la implementación de redes comunitarias:

http://www.seattlewireless.net

http://www.freenetworks.org

Libro en línea de Onno W. Purbo:

http://sandbox.bellanet.org/~onno/the-guide/wifi

Practicallynetworked tiene algunas guías referentes al montaje de Puntos de Acceso y redes:

http://practicallynetworked.com/networking/alternative_net_examples.htm

Actualización de firmware para soporte de WPA:

http://support.microsoft.com/?kbid=815485#E0LB0ACAAA

Montando un Linksys con cifrado WPA:

http://www.stanford.edu/group/networking/lnaguide/docs/linksys/

8.1.2 Libros/artículos

Flickenger. Rob. 2nd Edition June 2003. **Building Wireless Community Networks**. O'Reilly.

Standard introduction to all aspects of wireless community networking. I

SBN: 0-596-00502-4

Gast. Matthew. 1st Edition April 2002. **802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide**. O'Reilly. ISBN: 0-596-00183-5

Chapter 14 deals with Access Point Setup

8.2 Parte A: Instalación de clientes - Linux

8.2.1 En línea

General

Roger Weeks, Edd Dumbill, Brian Jepson: "Linux Unwired" O'Reilly Associates

http://www.oreilly.com/catalog/lnxunwired/

Dispositivos inalámbricos, sus chipsets y manejadores:

http://www.linux-wlan.org/docs/wlan_adapters.html.gz

Drivers inalámbricos

hostap para prism2/2.5/3: http://hostap.epitest.fi/

Madwifi:http://www.mattfoster.clara.co.uk/madwifi-faq.htm

Orinoco:http://www.nongnu.org/orinoco/

ndiswrapper:http://ndiswrapper.sourceforge.net/

Linuxant: http://www.linuxant.com/driverloader/

Intel wireless/PRO 2100:http://ipw2100.sourceforge.net/

Intel wireless/PRO 2200:http://ipw2200.sourceforge.net/

prism54:http://www.prism54.org/

Cisco airo: http://sourceforge.net/projects/airo-linux/

More info: http://www.seattlewireless.net/index.cgi/LinuxDrivers

Software

Ubuntu Linux

http://www.ubuntulinux.org/

Mandrake Linux

http://www.mandrakelinux.com/

Red-Hat NetworkManager

http://people.redhat.com/dcbw/NetworkManager/

Usando la impresionante potencia y flexibilidad de dbus y hal, NetworkManager provee facilidades para que otras aplicaciones de escritorio como navegadores y clientes de correo puedan mantenerse enterados del estado de la red y ajustar sus operaciones de acuerdo con características como la operación fuera de línea .

KwifiManager

http://kwifimanager.sourceforge.net/

Con la aplicación KWiFiManager usted puede configurar y monitorear su tarjeta de red bajo Linux/KDE.

Wifi Radar

http://www.bitbuilder.com/wifi_radar/

WiFi Radar es una utilidad de Python/PyGTK2 para la administración de perfiles WiFi.

Herramientas para redes inalámbricas (iwconfig etc)

http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Tools.html

Linux Wireless Extension y *Wireless Tools* son un **proyecto de Software libre** patrocinado por Hewlett Packard (con mi contribución) desde 1996, y construido con la **colaboración de muchos usuarios de Linux** alrededor del mundo.

WPA sobre Linux (WPA_Supplicant)

http://hostap.epitest.fi/wpa_supplicant/

wpa_supplicant es un solicitante de WPA para Linux, BSD y Windows con soporte para WPA y WPA2 (IEEE 802.11i / RSN). Un Solicitante es el componente IEEE 802.1X/WPA que es usado en las estaciones cliente. Este implementa negociación de claves con un autenticador de WPA y controla el roaming y la autenticación/asociación IEEE 802.11 del driver de WLAN.

OpenSSH

http://www.openssh.com/

OpenSSH es una versión **LIBRE** del conjunto de aplicaciones para conexion a la red usando el protocolo SSH que incrementa el número de personas que confían en Internet.

IPSec

http://www.ipsec-howto.org/

El *how-to* oficial de IPSec para Linux

Linux PPTP Client

http://pptpclient.sourceforge.net/

PPTP Client es un cliente para Linux, FreeBSD, NetBSD y OpenBSD para el protocolo propietario de Microsoft Point-to-Point Tunneling Protocol, PPTP. Permite conectarse a una Red Privada Virtual (VPN por sus siglas en inglés) basada en PPTP y es usada por algunos proveedores de servicio por Cable o ADSL.

OpenVPN

http://openvpn.net/

OpenVPN es una solución con características completas para SSL VPN que puede adecuarse a una amplia gama de configuraciones, incluyendo acceso remoto, VPNs punto a punto, seguridad WiFi, y soluciones de acceso remoto para empresas, con balance de cargas, sistema de recuperación de fallos y controles de acceso bien definidos.

GPS Drive website

GpsDrive es un sistema de navegación para vehículos (carro, bicicleta, barco, avión). GpsDrive despliega su posición provista por un receptor GPS que utiliza el protocolo NMEA en un mapa ampliable, el archivo del mapa se puede seleccionar de acuerdo con la posición y escala preferidas. http://www.gpsdrive.cc/

prismstumbler

http://prismstumbler.sourceforge.net/

Prismstumbler es una herramienta para descubrir redes inalámbricas para tarjetas basadas en Prism2.

Wellenreiter

http://www.wellenreiter.net/

Wellenreiter es una herramienta para descubrir y auditar redes inalámbricas. Soporta tarjetas basadas en Prism2, Lucent, y Cisco.

WDS

http://www.wikilearning.com/sacando_el_jugo_al_wireless_interconexion_de_redes_con_wds-wkc-779.htm

http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_Distribution_System

8.2.2 Libros/artículos

Edd Dumbill, Brian Jepson, Roger Weeks,

"Linux Unwired"

Abril de 2004, O'Reilly *Linux Unwired es una fuente de información inalámbrica muy completa para aquellos usuarios activos de Linux. Cuando usted esté considerando Wi-Fi como un suplemento o alternativa al cable DSL, usar Bluetooth en dispositivos de su casa u oficina, o quiere usar el plan de su celular para acceder a datos desde casi cualquier lugar, este libro le dará una visión completa de las posibilidades de redes inalámbricas con Linux , y cómo obtener ventaja de ellas.*

Rob Flickenger

Wireless Hacks

Septiembre de 2003, O'Reilly

Escrito para usuarios intermedios a avanzados, Wireless Hacks está lleno de soluciones ingeniosas, directas y prácticas a los problemas reales de las redes. Cuando su red inalámbrica deba ir más allá del límite de su oficina o al otro lado de la ciudad, esta colección de no obvias, técnicas "desde campo" le mostrarán como realizar el trabajo.

8.3 Parte B: Instalación de clientes - Windows

8.3.1 En línea

¿Cómo configurar su computadora para conectarse a una red inalámbrica con Windows XP?

http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;en-us;314897&sd=tech

Último acceso 6 de Noviembre 2005.

¿Cómo instalar un cliente para redes Microsoft?

http://compnetworking.about.com/cs/windowsnetworkin1/ht/client4msnet.htm

Último acceso: 6 de Noviembre de 2005.

Instalar drivers de Windows 2000 y utilidades para adaptadores de clientes Cisco de la serie Aironet 340/350

http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/ps458/products_tech_note09186a0080094cf9.shtml

Cómo instalar tarjeta CISCO Aironet en Windows 2000

Último acceso: 6 de Noviembre de 2005.

Instrucciones de instalación/configuración de la tarjeta inalámbrica ORiNOCO

http://www.willamette.edu/wits/resources/docs/network/wireless/orinoco.htm

Manajadores y procedimiento para instalar tarjetas ORINOCO en Windows

Último acceso 6 de Noviembre de 2005.

Montaje de redes: Instalación de una simple red inalámbrica punto a punto

http://www.utexas.edu/its/wireless/install/install_peer.html

Guía de cómo montar una red inalámbrica punto a punto para intercambio de archivos o juegos de red en casa. Último acceso: 6 de Noviembre de 2005.

Conexión de redes Ethernet e inalámbricas para Windows NT

http://www.cmu.edu/computing/documentation/wireless_nt/Wire_WinNT.html

Documentación de la Universidad Carnegie Mellon sobre conexión a redes con plataforma WinNT.

Último acceso: 6 de Noviembre de 2005.

8.3.2 Libros/artículos

Wireless Home Networking for Dummies

Welcome to Wireless Home Networking For Dummies

por Danny Briere, Pat Hurley, Walter Bruce

Publicado: For Dummies (Mayo 27 de 2003)

ISBN: 0764539108

802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide

Creating and Administering Wireless Networks

por Matthew Gast

Publicado: O'Reilly; 1ra edición (Abril de 2002)

ISBN: 0-596-00183-5

Building Wireless Community Networks, 2nd Edition

por Rob Flickenger

176 páginas

Publicado: O'Reilly; 2da edición (Junio 23 de 2003)

ISBN: 0596005024

Windows XP Home Networking

por Paul Thurrott

480 páginas

Publicado: Wiley; 1ra edición (Julio 17 de 2002)

ISBN: 0764536753

9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución- No Comercial -Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 Abril 2007.

Este módulo integra la traducción y ajuste de dos de los módulos originales Puntos de Acceso y Clientes Inalámbricos:

Puntos de Acceso. Desarrollado por: IT +46. Basado en el trabajo original de: Onno W. Purbo and Sebastian Buettrich

Clientes Inalámbricos. Desarrollado por: Tomas B. Krag <t@wire.less.dk> (Linux) Bruno Roger, ESMT (Windows). Editado por: Alberto Escudero Pascual IT + 46. Traducido por Colnodo.

Unidad 05



Configuración de clientes

Clientes Inalámbricos
Desarrollado por: Tomas B. Krag,
Bruno Roger
Editado por: Alberto Escudero Pascual
IT + 46
Traducido por Lilian Chamorro

Objetivos



- Ser capaz de hacer una buena selección de hardware inalámbrico para plataformas linux
- Lograr configurar exitosamente un cliente inalámbrico con o sin soporte nativo para linux
- Lograr configurar clientes inalámbricos (Linux/Win32) de acuerdo a la configuración del punto de acceso

Tabla de Contenidos



- **Parte A:** Linux
- **Parte B:** Windows
  - Seleccionando el dispositivo inalámbrico
  - Instalando el dispositivo inalámbrico
  - Configurando el dispositivo inalámbrico

Introducción



- Linux vs Windows: Soporte de Hardware
- Se requiere una máquina con una tarjeta de red inalámbrica instalada
- PC-cards y Tarjetas Mini-PCI (portátiles)
- Tarjetas PCI (computadores de escritorio) y adaptadores USB

PARTE A: LINUX



1. Hardware inalámbrico
2. Instalación
3. Configuración

1:Hardware inalámbrico



- Tarjetas de red inalámbricas
- Chipsets
- ¿Soportado o no?
- Manejadores

Hardware inalámbrico

- Computadores de escritorio: tienen puertos PCI o ISA para componentes adicionales
  - Se requieren herramientas
  - Debe abrir el PC, instalar la tarjeta, cerrar y encender





Hardware inalámbrico



- Portátiles: usan puertos PCMCIA
  - Tarjetas delgadas comunes a todos las computadoras portátiles
  - Fácil de conectar, conecte y use
- Los portátiles nuevos tienen incluidas tarjetas inalámbricas
  - Puerto Mini-PCI interno (backplane)
  - Tecnologían Intel-M Centrino
- Tarjetas PCMCIA son más costosas que las tarjetas PCI

Hardware inalámbrico

- Los dipositivos USB son económicos, conectar y usar
- Comunes a computadoras portátiles y de escritorio



Hardware inalámbrico

- Aspecto externo de una memoria USB
- Se conecta en puerto USB sin apagar la computadora



Hardware - Chipsets



- Los Manejadores son escritos normalmente para un chipset inalámbrico específico y trabajará con cualquier tarjeta que use ese chipset

Hardware - Chipsets



- Algunos de los chipsets comunes son:
  - Atheros (madwifi)
  - Intel Pro/Wireless 2100 & 2200 (ipw2100/ipw2200)
  - Prism2/2.5/3 (hostap driver)
  - Orinoco (orinoco_cs)
  - Ralink
  - Broadcom

Distribuciones Linux



- Cada distribución de Linux tiene una lista de hardware soportado
- Cada distribución soportará algunos (no todos) dispositivos por defecto
- Si tiene la opción, **seleccione una tarjeta que sea soportada por su distribución**

Hardware no soportado



Si su hardware no es soportado por su distribución:

- Selecciona un hardware o distribución diferente
- Mire si una tarjeta con el mismo **chipset** es soportada
- Busque soporte de la distribución en foros
- Use el driver proporcionado por el vendedor
- Use el driver para windows a través de ndiswrapper o linuxant

Diferencias entre manejadores



- Driver linux-wlan-ng: no soporta wireless-tools, y no es soportado por muchas utilidades wireless
- Driver orinoco_cs: no soporta el escaneo de redes a menos que sea parchado y recompilado

Diferencias entre manejadores



- madwifi (chipset atheros) es el único driver que soporta multibanda(802.11a/b/g) bajo linux
- Drivers hostap y madwifi tienen buen soporte para correr un punto de acceso inalámbrico(802.11 Modo maestro)

2:Instalación del dispositivo inalámbrico



Preparación para la instalación



- Revise siempre la base de datos del hardware soportado por su distribución
- Utilice un buscador para buscar el nombre de su tarjeta y de su distribución (p.e. Linksys WPC54g Ubuntu). Mire que dicen las personas

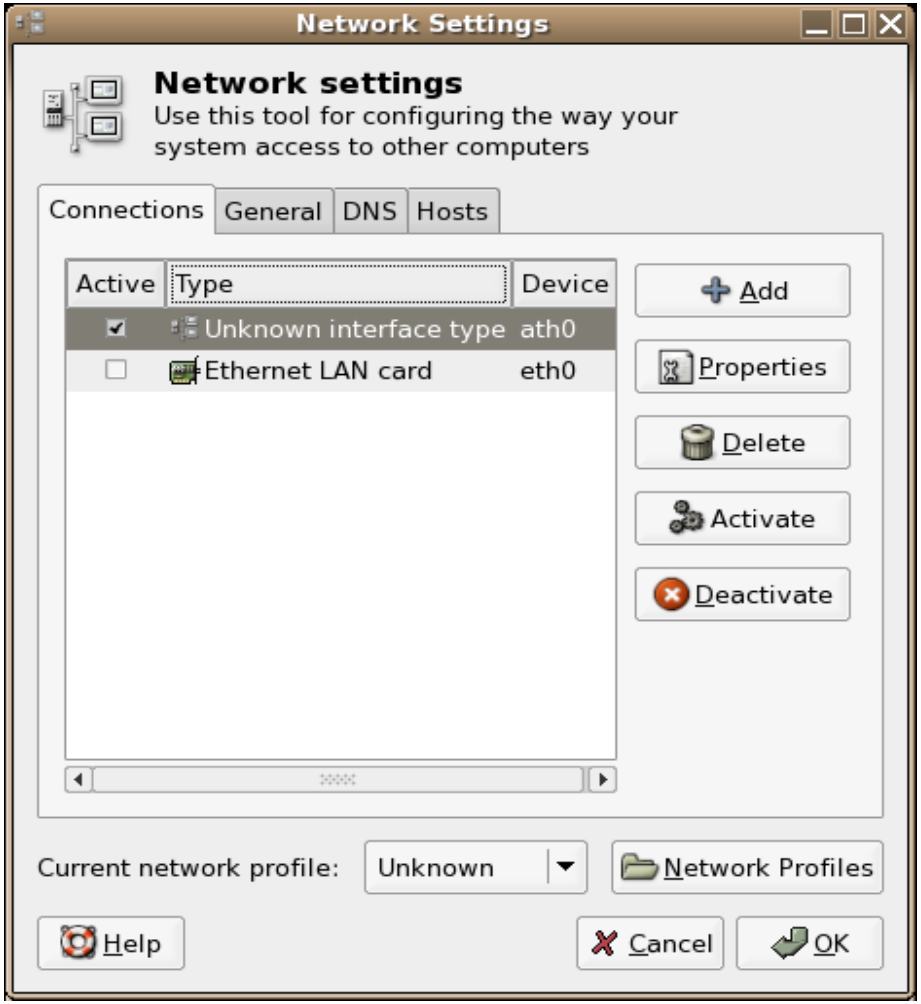
Preparación para la instalación



- Instale el paquete wireless-tools usando su gestor de paquetes
- Lea el manual de la tarjeta(busque para Linux)
- Inserte la tarjeta y mire que pasa

Si simplemente funciona...

- Si encuentra que funciona use la interfaz para gestión de redes de su distribución
- Ubuntu (Warty Release) con tarjeta Atheros



Si no funciona...



- Identifique el chipset de su hardware
- Utilice el soporte de su distribución foros/listas/wiki
- Identifique los drivers pontenciales de su tarjeta
- Use herramientas para identificar el chipset
- Busque la tarjeta en la lista del chipset

Si no funciona...



- Use el soporte del driver foros/listas/wiki
- Busque si hay disponible un driver empaquetado para su distribución (usando el gestor de paquetes)

Identifique la tarjeta

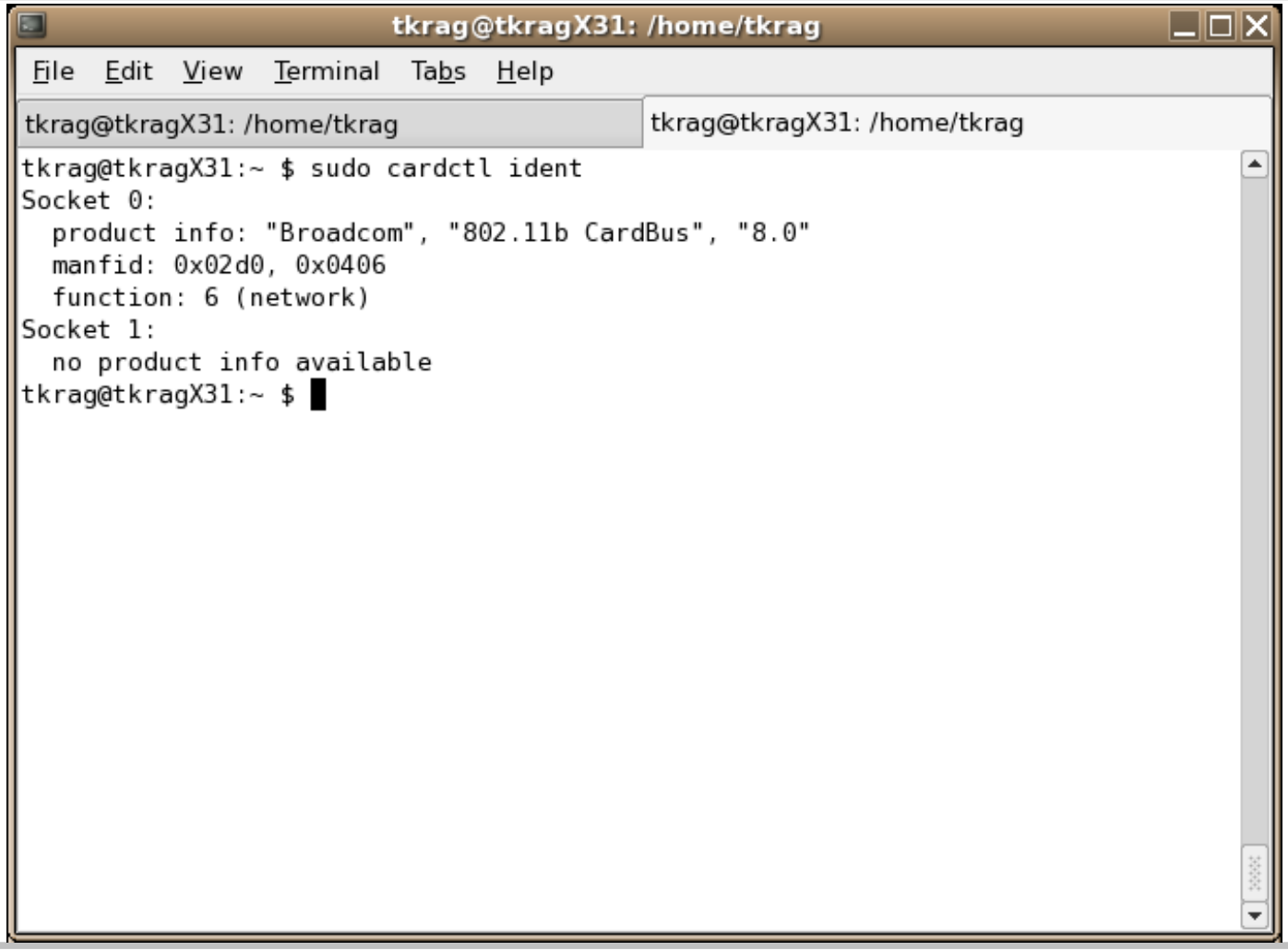


- Use la línea de comandos para identificar la tarjeta
  - lspci (para PCI y mini-PCI)
  - cardctl ident (para pcmcia)
  - hal-device-manager (para todos los tipos)
  - usbview (para usb)
  - dmesg (para todo el hardware)
- Mire en:
  - http://www.linux-wlan.org/docs/wlan_adapters.html.gz

Ejemplo 1:

Instalación de Linksys WPC54G en Ubuntu (Warty Release)

Ejemplo 1:Instalación de Linksys WPC54G en Ubuntu (Warty Release)



Ejemplo 1:Instalación de Linksys WPC54G en Ubuntu (Warty Release)



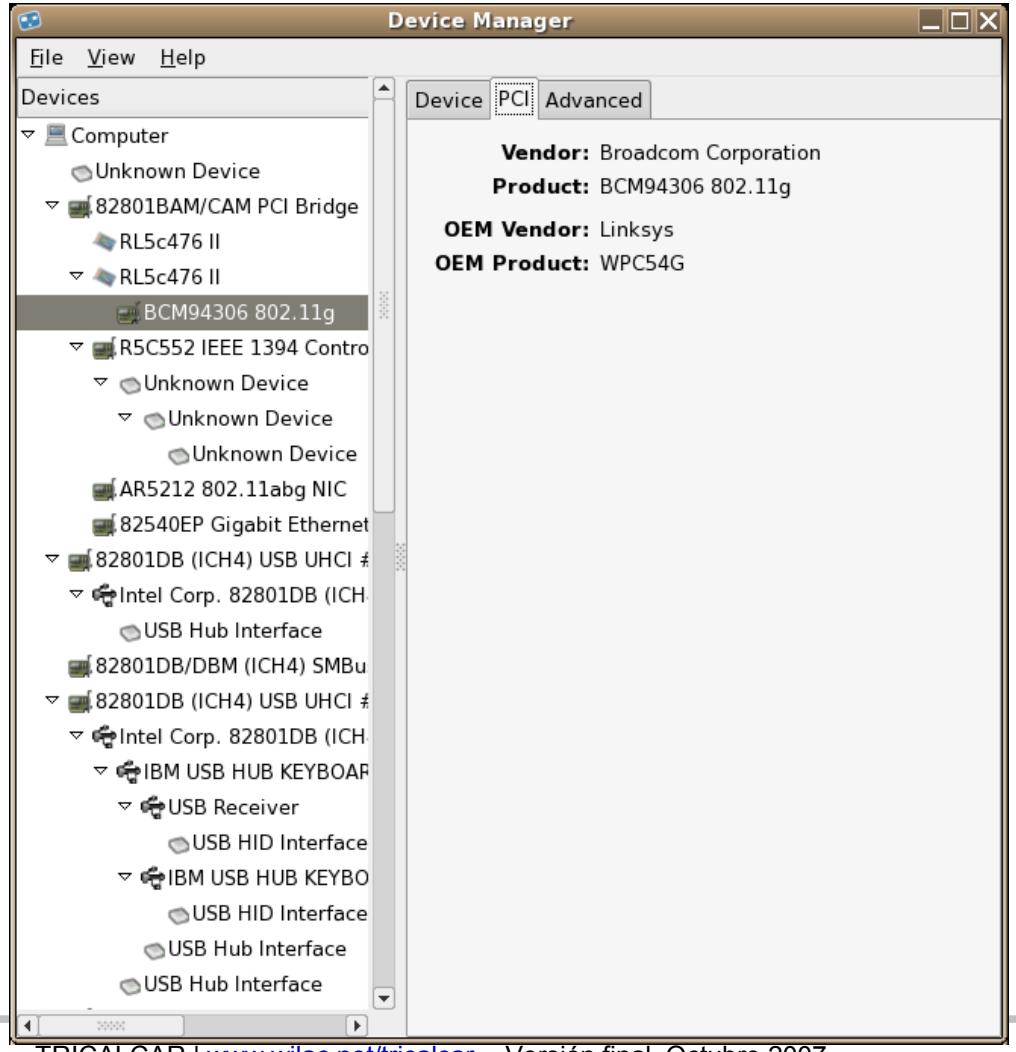
tkrag@tkragX31: /home/tkrag

File Edit View Terminal Tabs Help

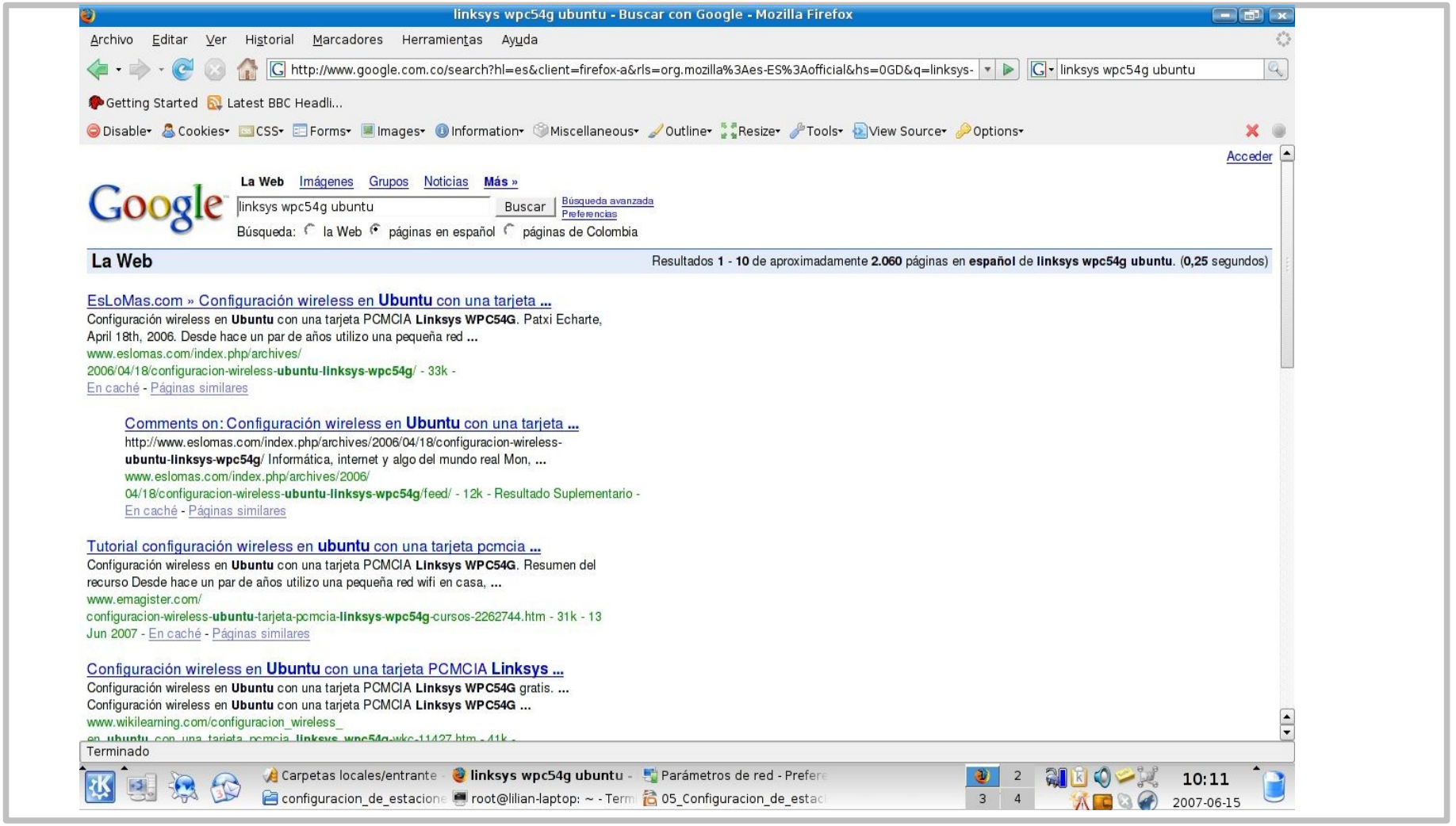
tkrag@tkragX31: /home/tkrag | tkrag@tkragX31: /home/tkrag

```
tkrag@tkragX31:~ $ lspci
0000:00:00.0 Host bridge: Intel Corp. 82855PM Processor to I/O Controller (rev 03)
0000:00:01.0 PCI bridge: Intel Corp. 82855PM Processor to AGP Controller (rev 03)
0000:00:1d.0 USB Controller: Intel Corp. 82801DB (ICH4) USB UHCI #1 (rev 01)
0000:00:1d.1 USB Controller: Intel Corp. 82801DB (ICH4) USB UHCI #2 (rev 01)
0000:00:1d.2 USB Controller: Intel Corp. 82801DB (ICH4) USB UHCI #3 (rev 01)
0000:00:1d.7 USB Controller: Intel Corp. 82801DB (ICH4) USB2 EHCI Controller (rev 01)
0000:00:1e.0 PCI bridge: Intel Corp. 82801BAM/CAM PCI Bridge (rev 81)
0000:00:1f.0 ISA bridge: Intel Corp. 82801DBM LPC Interface Controller (rev 01)
0000:00:1f.1 IDE interface: Intel Corp. 82801DBM (ICH4) Ultra ATA Storage Controller (rev 01)
0000:00:1f.3 SMBus: Intel Corp. 82801DB/DBM (ICH4) SMBus Controller (rev 01)
0000:00:1f.5 Multimedia audio controller: Intel Corp. 82801DB (ICH4) AC'97 Audio Controller (rev 01)
0000:00:1f.6 Modem: Intel Corp. 82801DB (ICH4) AC'97 Modem Controller (rev 01)
0000:01:00.0 VGA compatible controller: ATI Technologies Inc Radeon Mobility M6 LY
0000:02:00.0 CardBus bridge: Ricoh Co Ltd RL5c476 II (rev aa)
0000:02:00.1 CardBus bridge: Ricoh Co Ltd RL5c476 II (rev aa)
0000:02:00.2 FireWire (IEEE 1394): Ricoh Co Ltd R5C552 IEEE 1394 Controller (rev 02)
0000:02:01.0 Ethernet controller: Intel Corp. 82540EP Gigabit Ethernet Controller (Mobile) (rev 03)
0000:02:02.0 Ethernet controller: Atheros Communications, Inc. AR5212 802.11abg NIC (rev 01)
0000:03:00.0 Network controller: Broadcom Corporation BCM94306 802.11g (rev 03)
tkrag@tkragX31:~ $
```

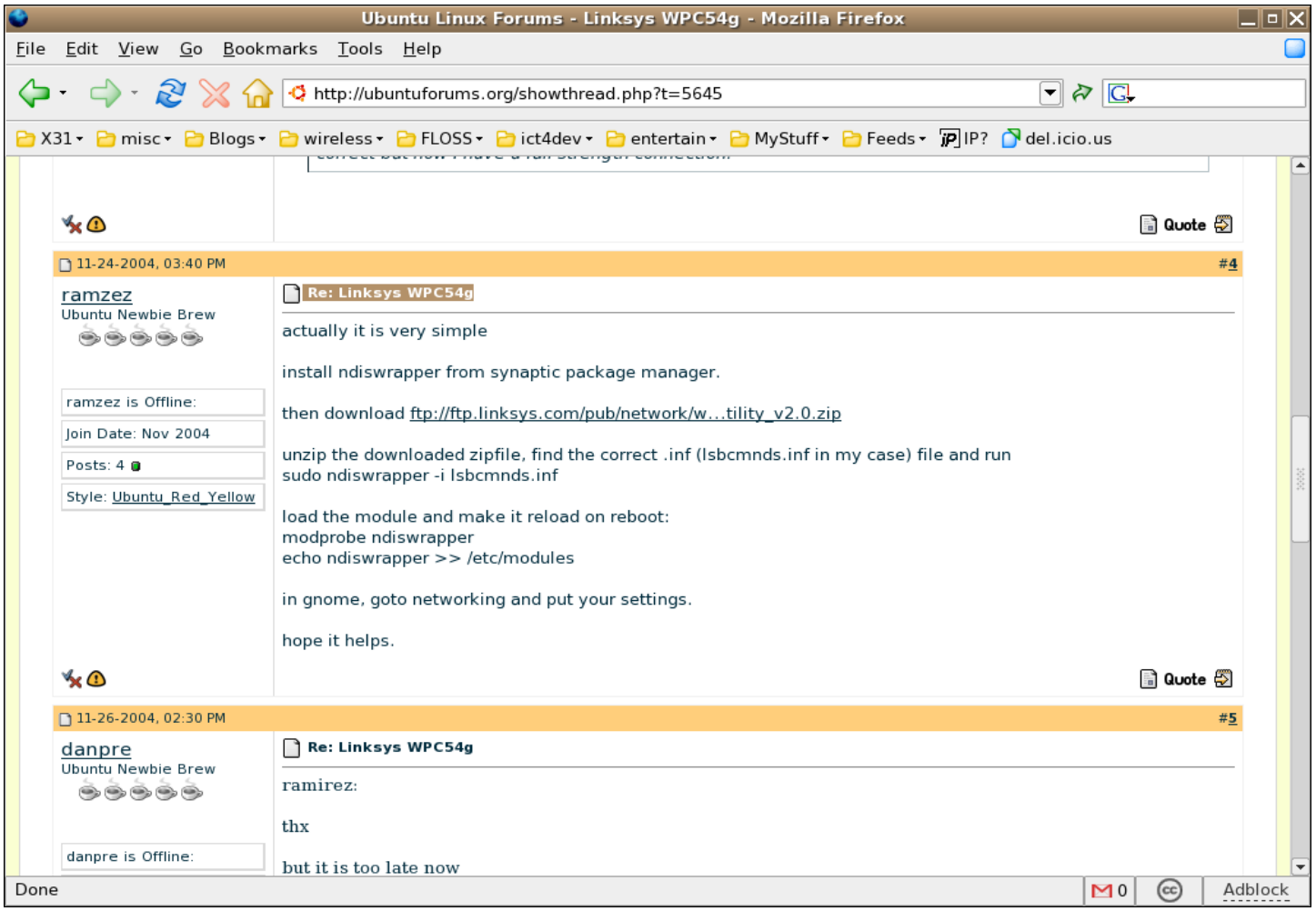
Ejemplo 1:Instalación de Linksys WPC54G en Ubuntu (Warty Release)



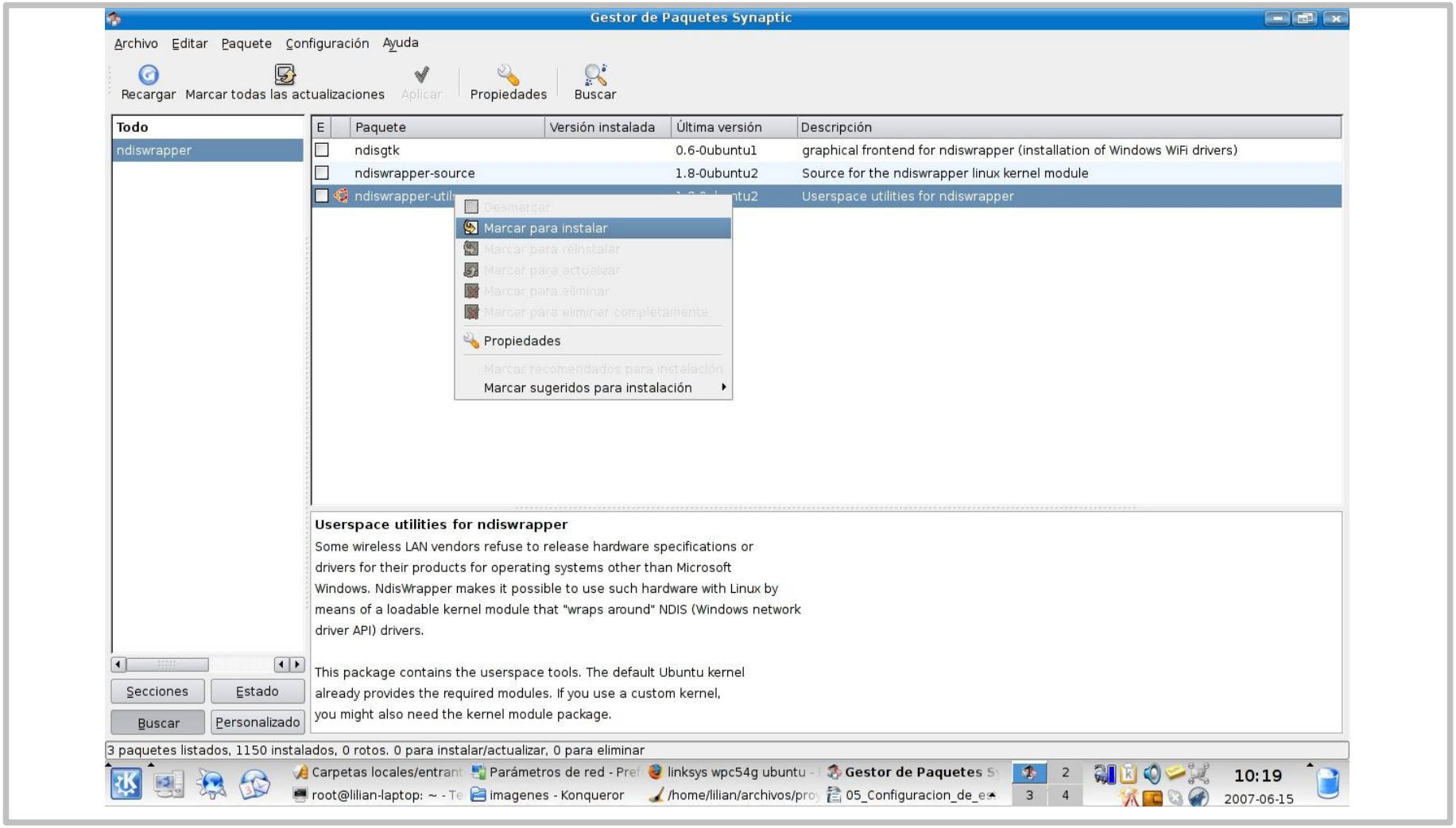
Ejemplo 1:Instalación de Linksys WPC54G en Ubuntu (Warty Release)



Ejemplo 1:Instalación de Linksys WPC54G en Ubuntu (Warty Release)



Ejemplo 1:Instalación de Linksys WPC54G en Ubuntu (Warty Release)



Cargando *ndiswrapper*



- Descarge el driver para windows

```
$ wget ftp://...../drivername.zip
```

- Descomprímalo

```
$ unzip drivername.zip
```

- Instale el driver para windows (como usuario administrador)

```
# ndiswrapper -i filename.inf
```

Cargando *ndiswrapper*



- Liste los dispositivos (como usuario administrador)

```
# ndiswrapper -l
```

- Cargue el módulo en el kernel (como administrador)

```
# modprobe ndiswrapper
```

Cargando *ndiswrapper*



- Aplique los cambios para que sean permanentes (vea la documentación para su distribución)

```
# ndiswrapper -m
# echo ndiswrapper >> /etc/modules
```

Algunos Drivers



- hostap para prism2/2.5/3: http://hostap.epitest.fi/
- Madwifi: http://www.mattfoster.clara.co.uk/madwifi-fa
- Orinoco:http://www.nongnu.org/orinoco/
- ndiswrapper: http://ndiswrapper.sourceforge.net/

Algunos Drivers



- Intel wireless/PRO 2100: http://ipw2100.sourceforge.net/
- Intel wireless/PRO 2200: http://ipw2200.sourceforge.net/
- prism54:http://www.prism54.org/
- Cisco airo: http://sourceforge.net/projects/airo-linux/

Algunos Drivers



- Ralink: http://rt2x00.serialmonkey.com/
- Más información: http://www.seattlewireless.net/index.cgi/LinuxDrivers

3:Configuración del dispositivo inalámbrico



Configuración



- Una vez ha instalado el driver, usted debe configurar la red
  - Defina el essid (nombre de la red inalámbrica)
  - Seleccione DHCP o dirección IP estática
  - Contraseña de seguridad WEP
  - Active la red

Ejemplo 2:

Configurando Ubuntu con GNOME

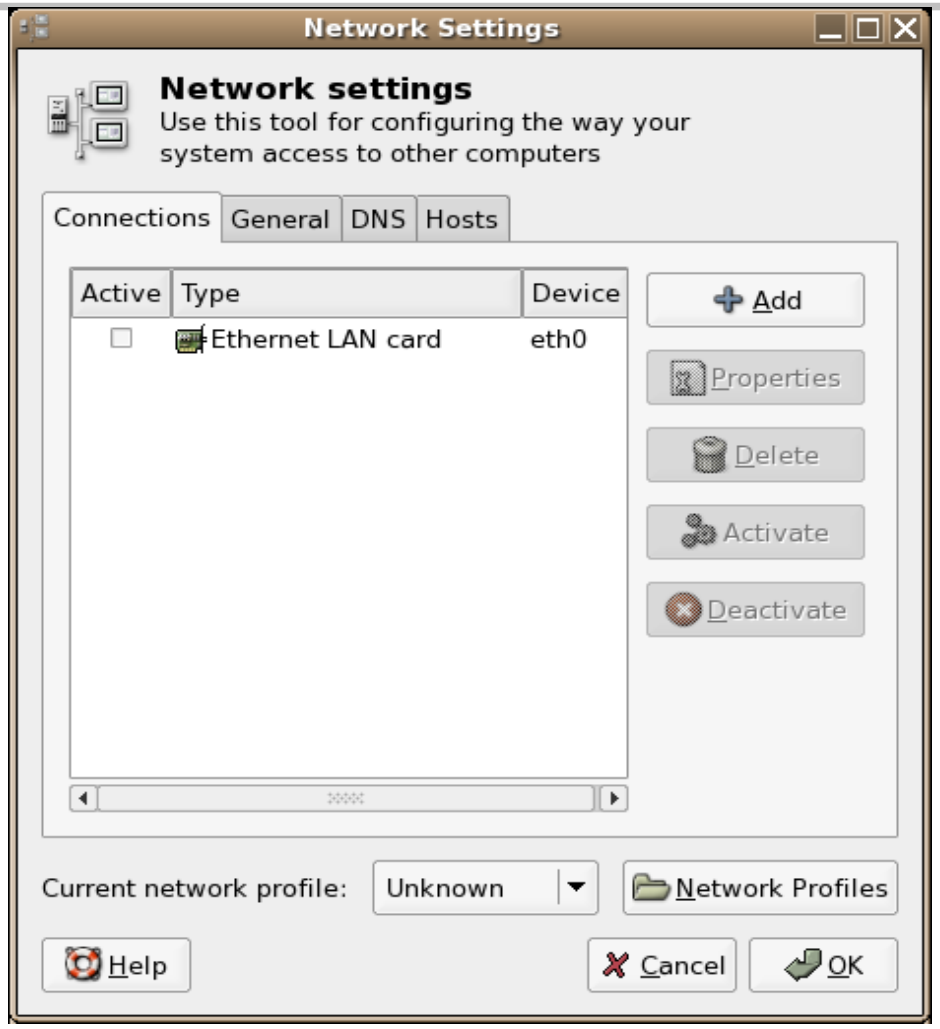
Debería ser igual en muchas distribuciones basadas en Gnome

Abrir gestor de red de GNOME

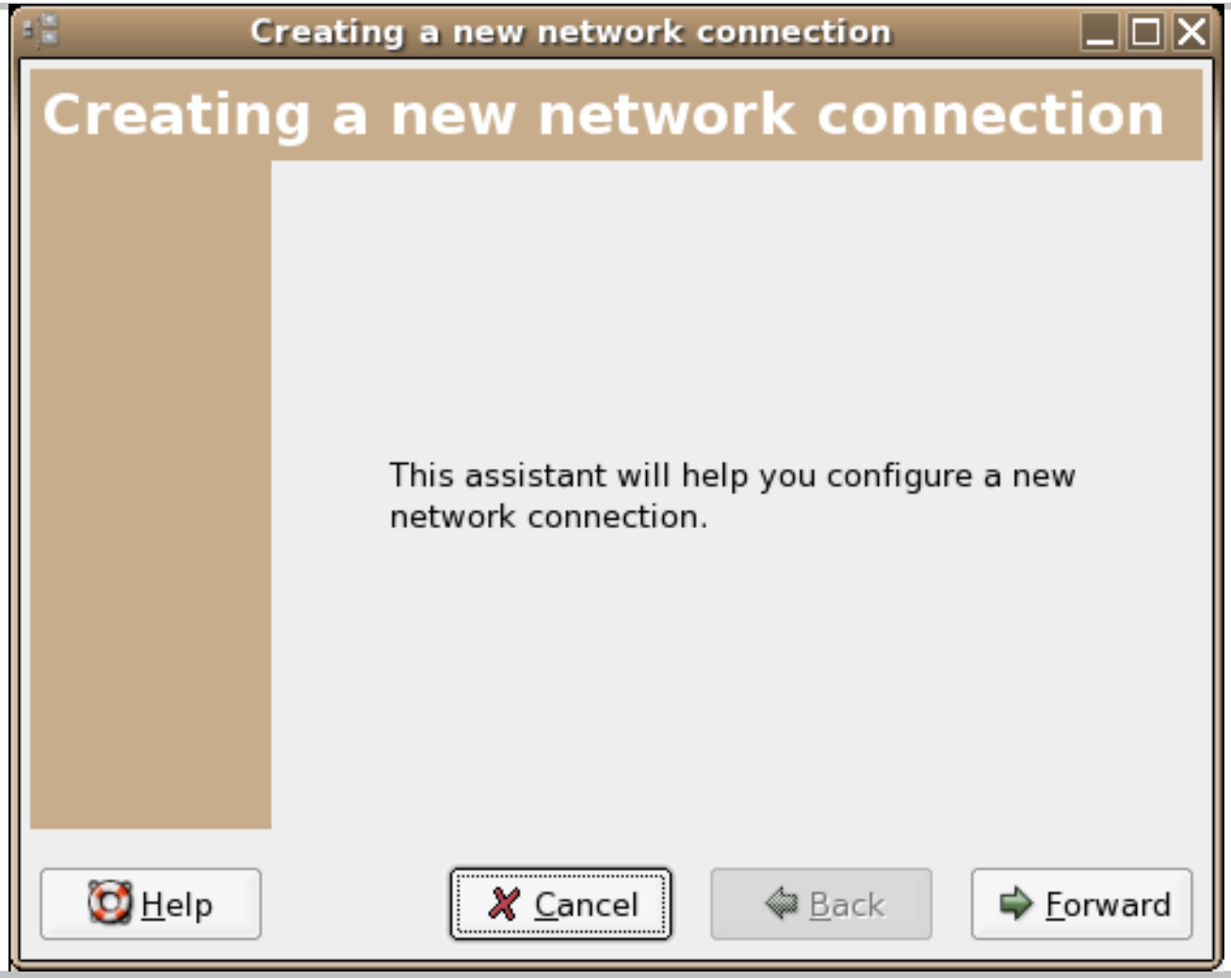
- Menu
  - Computer
    - System Configuration
      - Networking
- Ingrese la contraseña



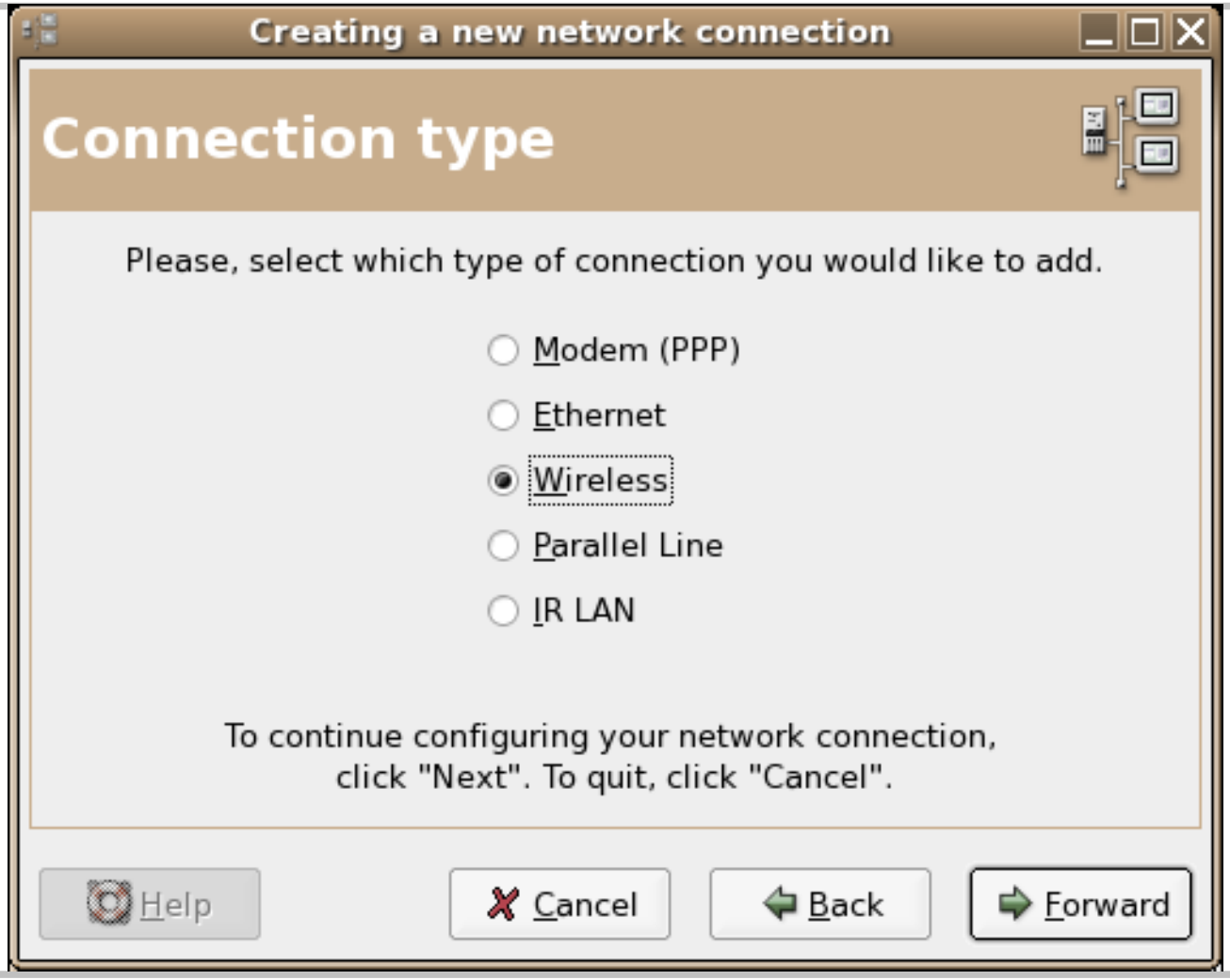
Abrir gestor de red de GNOME



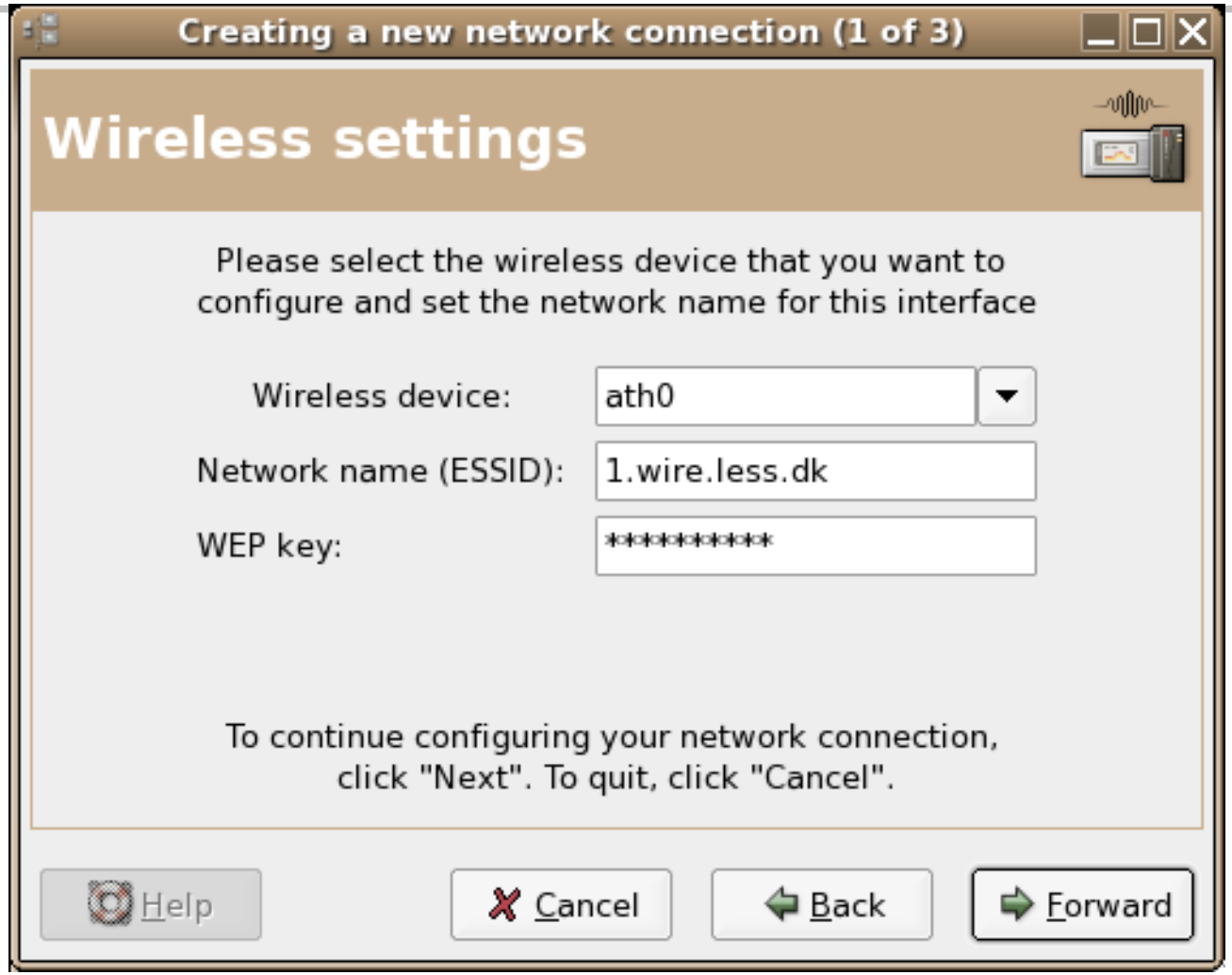
Abrir gestor de red de GNOME



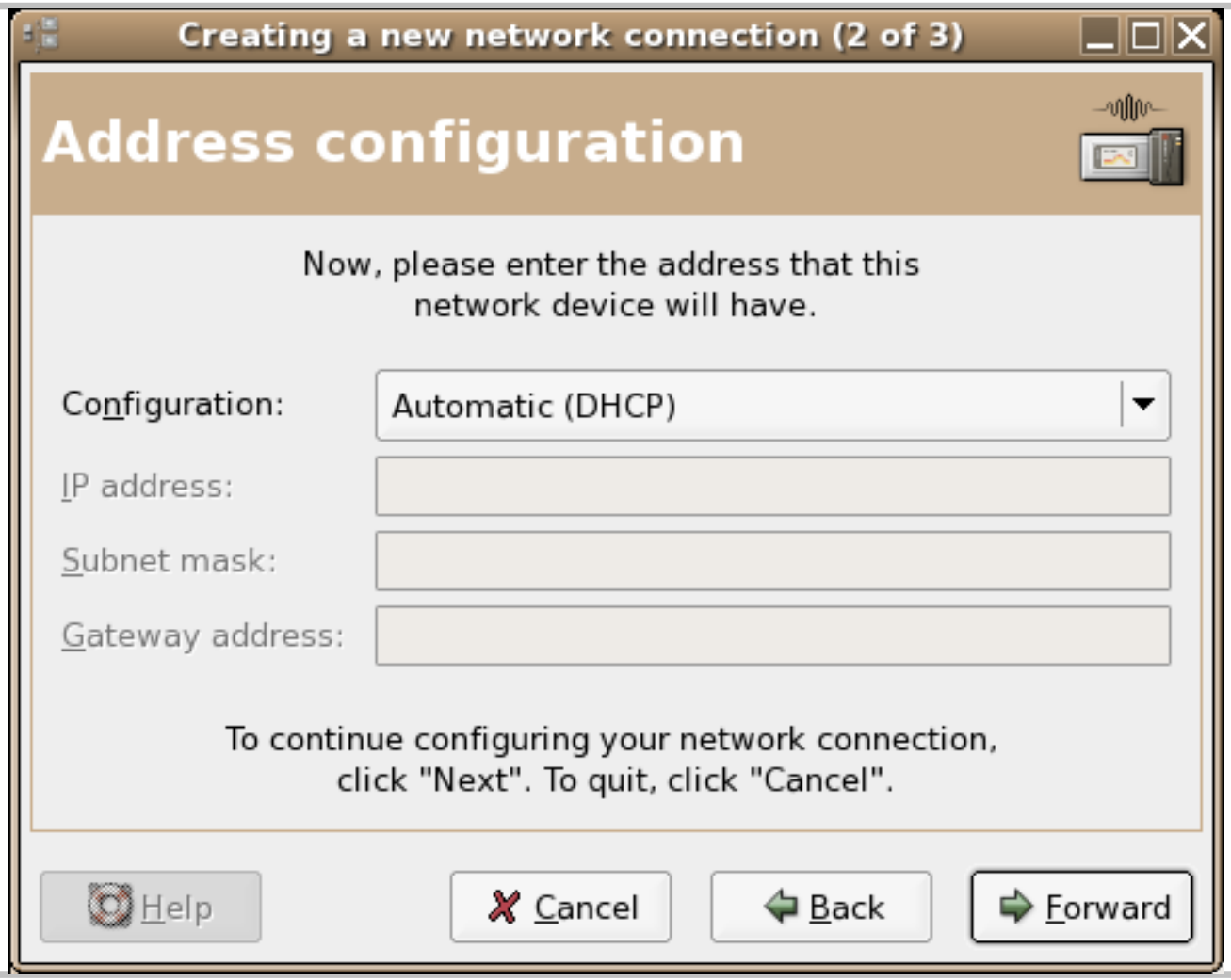
Abrir gestor de red de GNOME



Abrir gestor de red de GNOME



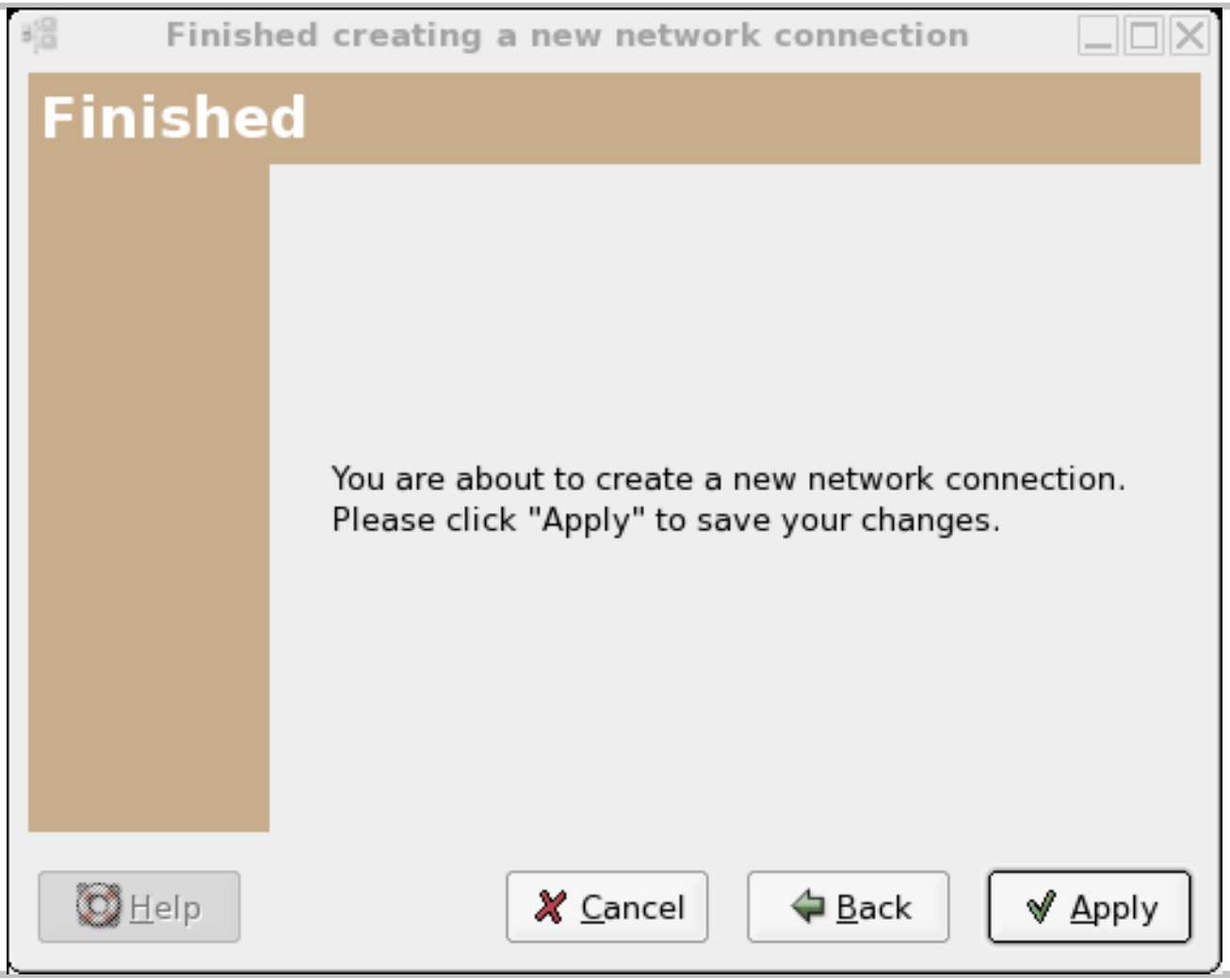
Abrir gestor de red de GNOME



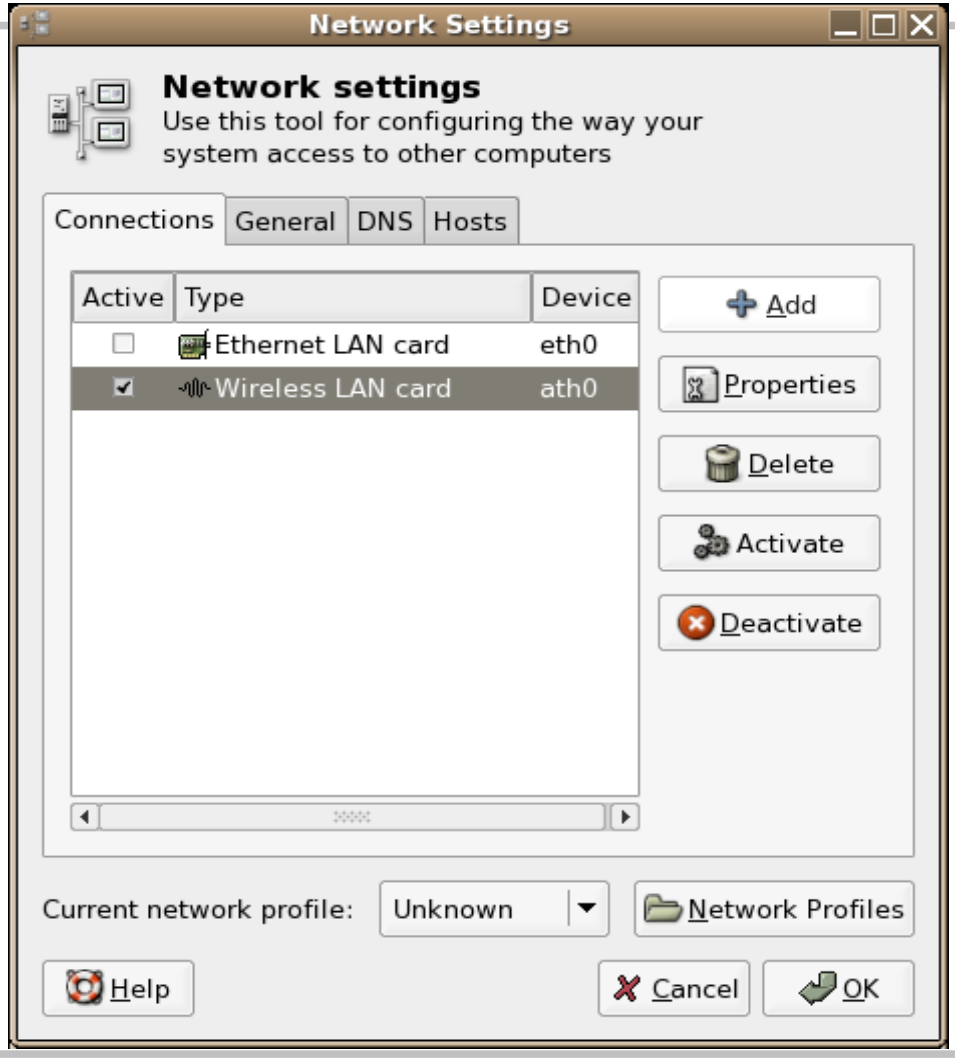
Abrir gestor de red de GNOME



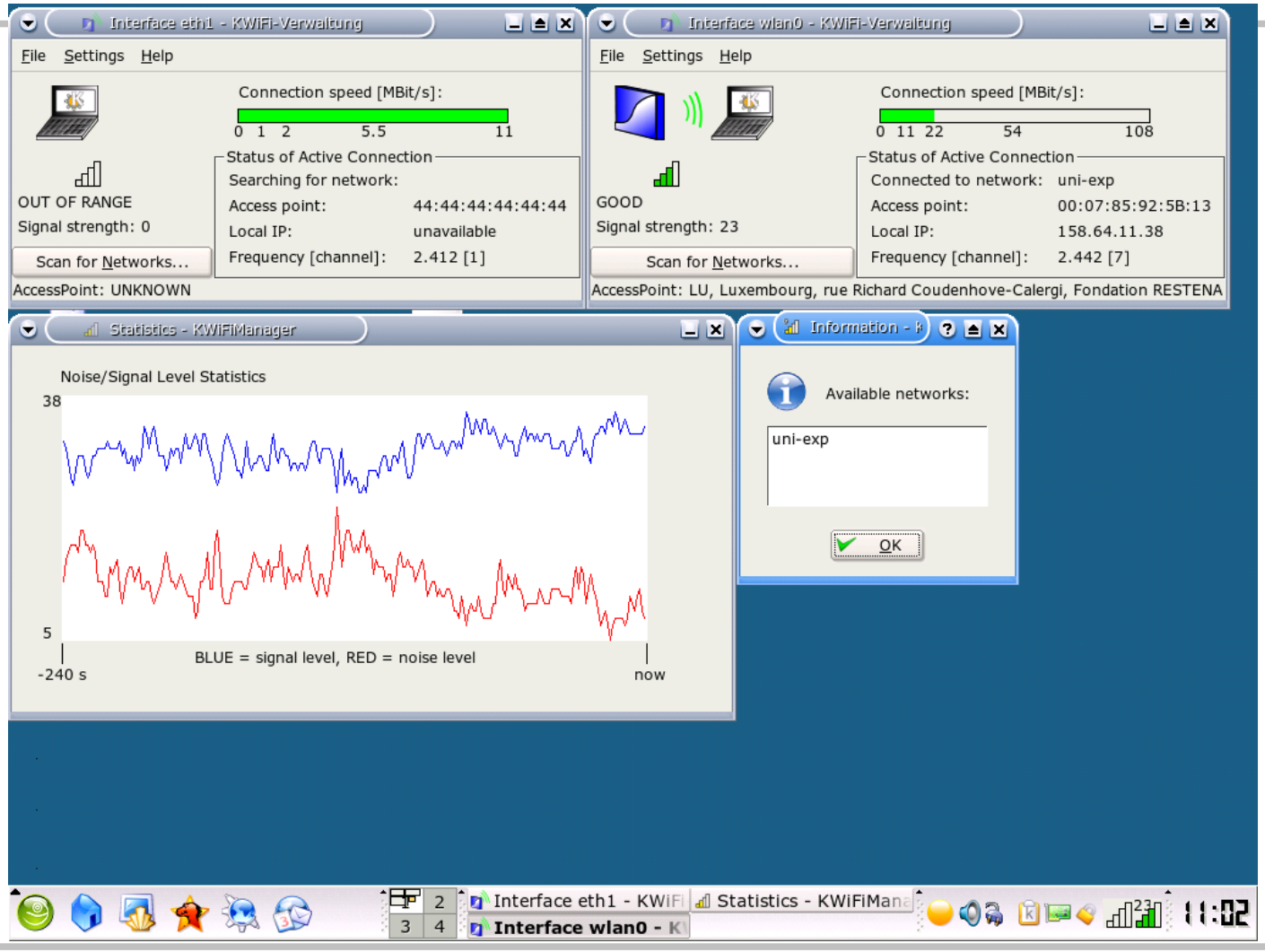
Abrir gestor de red de GNOME



Abrir gestor de red de GNOME



Abrir gestor de red de GNOME

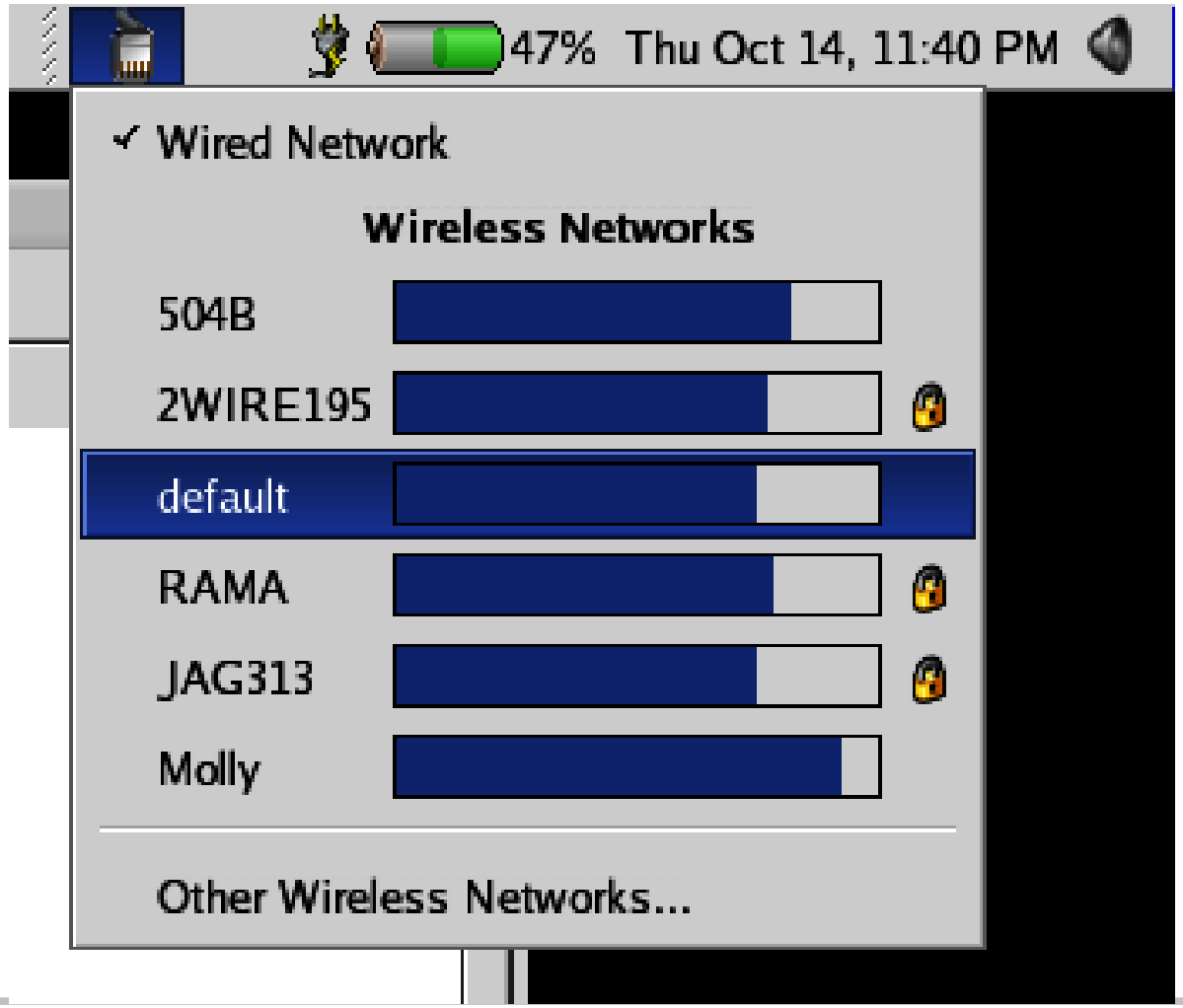




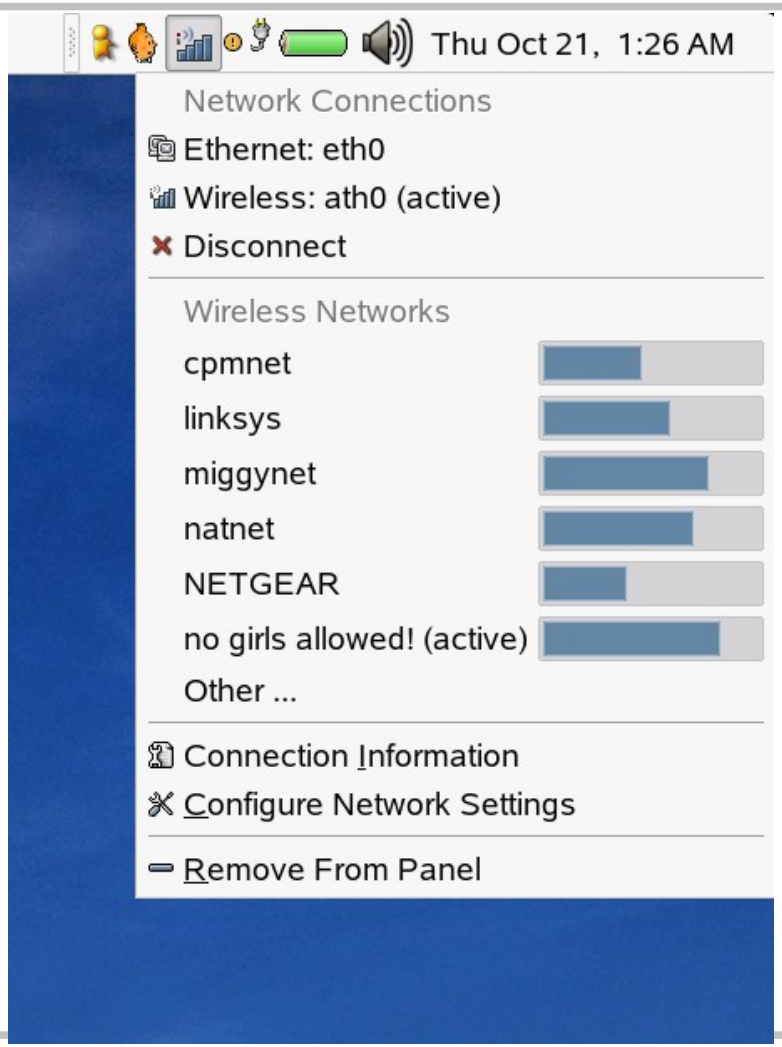
Ejemplo 3:
Otras herramientas gráficas

Constantemente se están desarrollando nuevas herramientas...

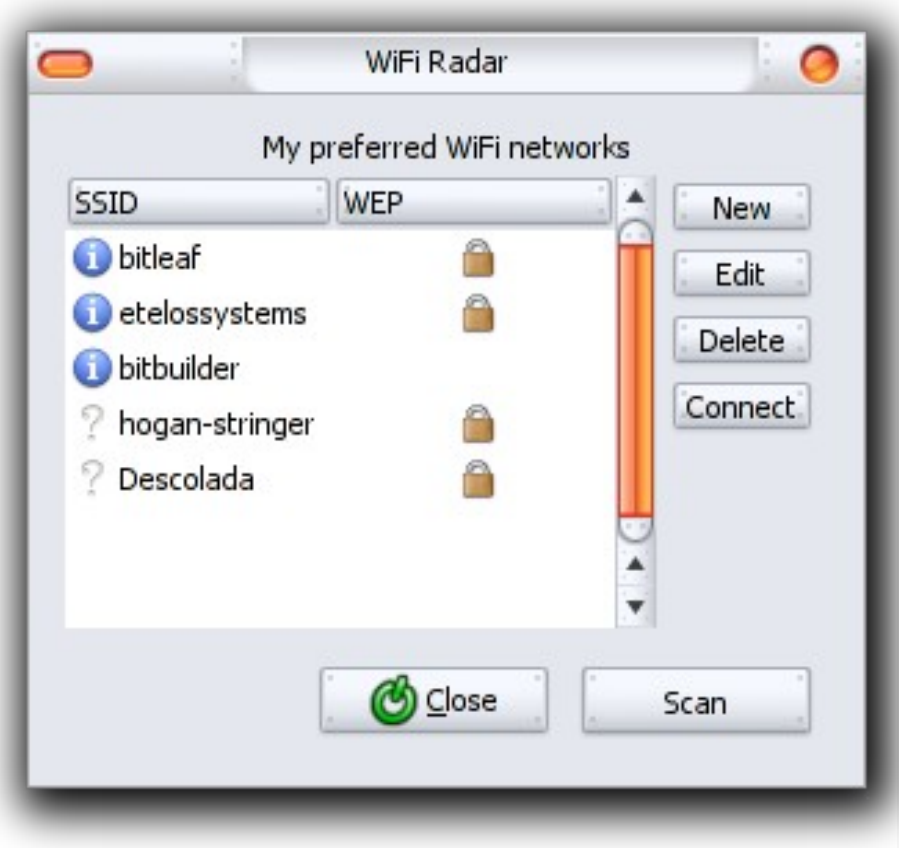
Gestor de red de Red-Hat

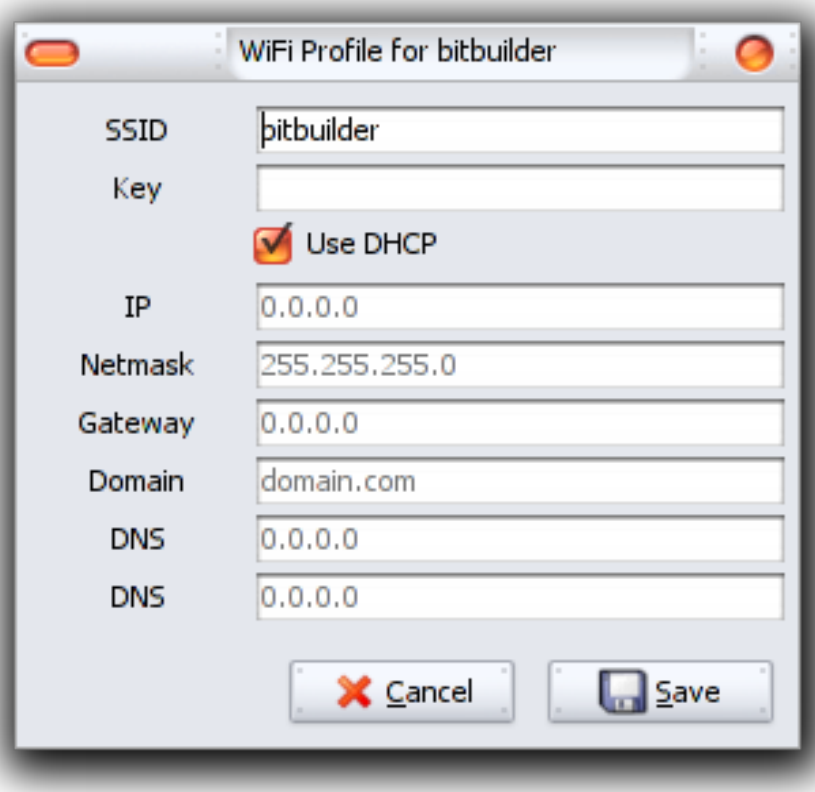


Gnome netapplet



wifi_radar


WiFi Radar
My preferred WiFi networks
SSID
WEP
bitleaf
etelossystems
bitbuilder
hogan-stringer
Descolada
New
Edit
Delete
Connect
Close
Scan

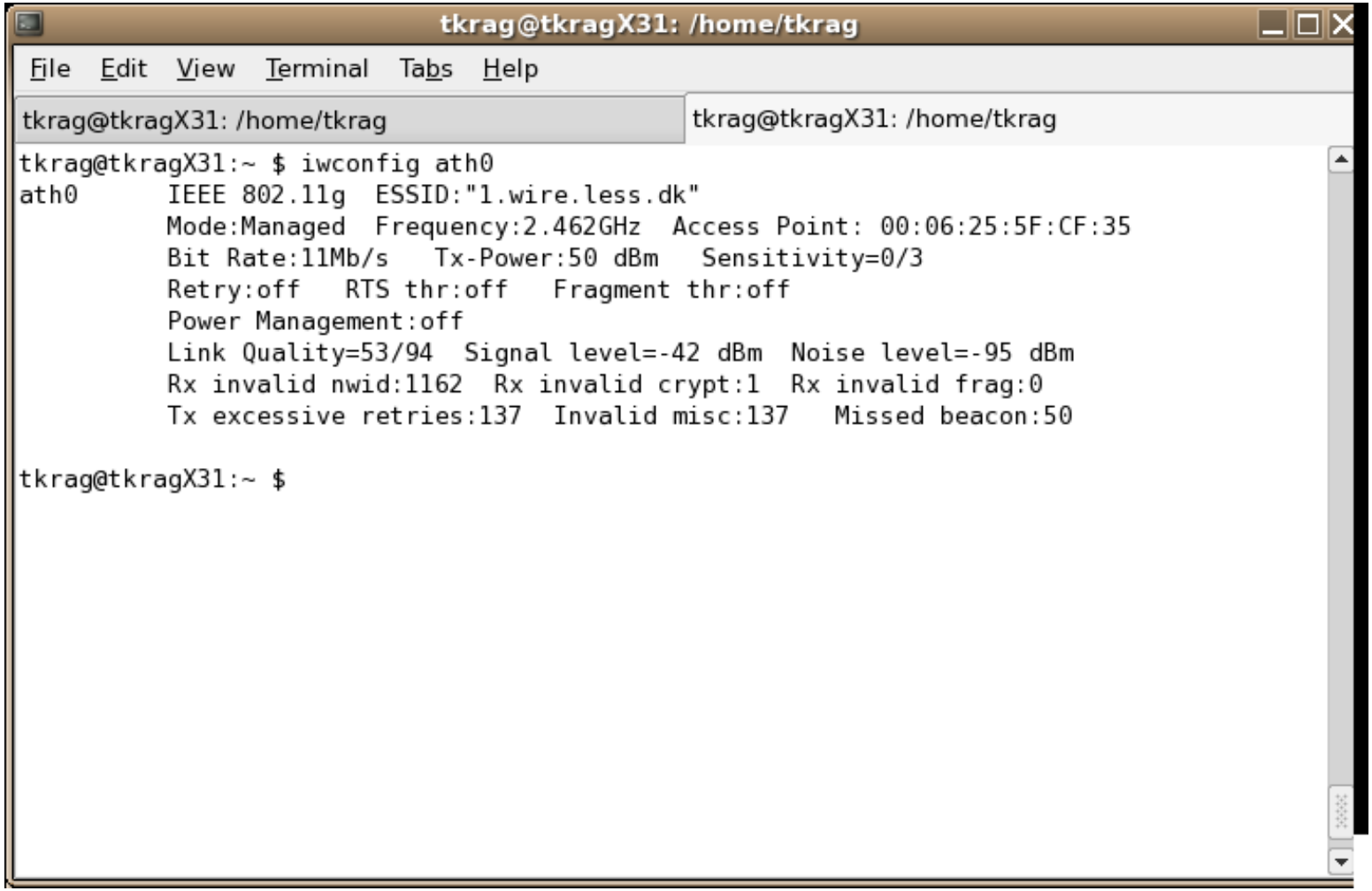

WiFi Profile for bitbuilder
SSID
bitbuilder
Key
Use DHCP
IP
0.0.0.0
Netmask
255.255.255.0
Gateway
0.0.0.0
Domain
domain.com
DNS
0.0.0.0
DNS
0.0.0.0
Cancel
Save



Ejemplo 4:
La línea de comandos

Cuando todo lo demás falla....

iwconfig ath0



iwlist ath0 scan



tkrag@tkragX31: /home/tkrag

File Edit View Terminal Tabs Help

tkrag@tkragX31: /home/tkrag | tkrag@tkragX31: /home/tkrag

```
tkrag@tkragX31:~ $ iwlist ath0 scan
ath0      Scan completed :
          Cell 01 - Address: 00:0C:41:D7:32:E2
                    ESSID:"free.wire.less.dk"
                    Mode:Master
                    Frequency:2.437GHz (Channel 6)
                    Quality=32/94  Signal level=-63 dBm  Noise level=-95 dBm
                    Encryption key:off
                    Bit Rate:1Mb/s
                    Bit Rate:2Mb/s
                    Bit Rate:5Mb/s
                    Bit Rate:11Mb/s
                    Extra:bcn_int=100
          Cell 02 - Address: 00:02:6F:34:E1:FD
                    ESSID:"Metrix HostAP 1"
                    Mode:Master
                    Frequency:2.437GHz (Channel 6)
                    Quality=30/94  Signal level=-65 dBm  Noise level=-95 dBm
                    Encryption key:off
                    Bit Rate:1Mb/s
                    Bit Rate:2Mb/s
                    Bit Rate:5Mb/s
                    Bit Rate:11Mb/s
                    Extra:bcn_int=100
          Cell 03 - Address: 00:06:25:5F:CF:35
                    ESSID:"1.wire.less.dk"
                    Mode:Master
                    Frequency:2.462GHz (Channel 11)
                    Quality=58/94  Signal level=-37 dBm  Noise level=-95 dBm
                    Encryption key:on
                    Bit Rate:1Mb/s
                    Bit Rate:2Mb/s
                    Bit Rate:5Mb/s
                    Bit Rate:11Mb/s
                    Extra:bcn_int=100

tkrag@tkragX31:~ $
```

sudo dhclient ath0



tkrag@tkragX31: /home/tkrag

File Edit View Terminal Tabs Help

tkrag@tkragX31: /home/tkrag | tkrag@tkragX31: /home/tkrag

```
tkrag@tkragX31:~ $ sudo dhclient ath0
Internet Systems Consortium DHCP Client V3.0.1rc14
Copyright 2004 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit http://www.isc.org/products/DHCP

sit0: unknown hardware address type 776
sit0: unknown hardware address type 776
Listening on LPF/ath0/00:05:4e:43:9e:49
Sending on   LPF/ath0/00:05:4e:43:9e:49
Sending on   Socket/fallback
DHCPREQUEST on ath0 to 255.255.255.255 port 67
DHCPACK from 10.0.0.1
bound to 10.0.0.101 -- renewal in 37572 seconds.
tkrag@tkragX31:~ $
```

iwconfig ath0



tkrag@tkragX31: /home/tkrag

File Edit View Terminal Tabs Help

tkrag@tkragX31: /home/tkrag | tkrag@tkragX31: /home/tkrag

```
tkrag@tkragX31:~ $ ifconfig ath0
ath0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:05:4E:43:9E:49
          inet addr:10.0.0.101  Bcast:10.0.0.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::205:4eff:fe43:9e49/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:566055 errors:25096 dropped:0 overruns:0 frame:25095
          TX packets:352749 errors:137 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:199
          RX bytes:754912460 (719.9 MiB)  TX bytes:34683884 (33.0 MiB)
          Interrupt:11 Memory:e0bbe000-e0bce000

tkrag@tkragX31:~ $
```

PARTE B: WINDOWS



1. Hardware inalámbrico
2. Instalación
3. Configuración

1. Hardware inalámbrico



- El soporte para Windows es trivial

2. Instalación del dispositivo inalámbrico



¿Versión de Windows?



- Windows XP
  - Incluye la mayoría de los drivers
  - Conecte el adaptador inalḿabrico y deje que el software lo detecte
  - SP2
- Windows 2000
  - Conecte y use, la base de datos de drivers a menudo no está actualizada
  - Requieres software adicional o conexión a internet (por cable) para descargar

¿Versión de Windows?



- Windows NT, 95/98
  - No hay soporte para USB en NT y 95
  - Para 98 se requiere instalación manual
  - Considere actualizar el sistema operativo
  - Mire “Win98 Instalación de clientes inalámbricos”

3. Configuración del dispositivo inalámbrico



- Seleccione la red a la que se va a asociar
  - SSID, ¿difundido u oculto?
- Encriptación WEP
  - On/off
- Parámetros IP
  - DHCP o IP estática

Herramientas para gestión de configuración



- Windows (XP wireless manager)
  - Usado en este ejemplo
- Específico del vendedor

Deshabilite uno de ellos para evitar conflictos

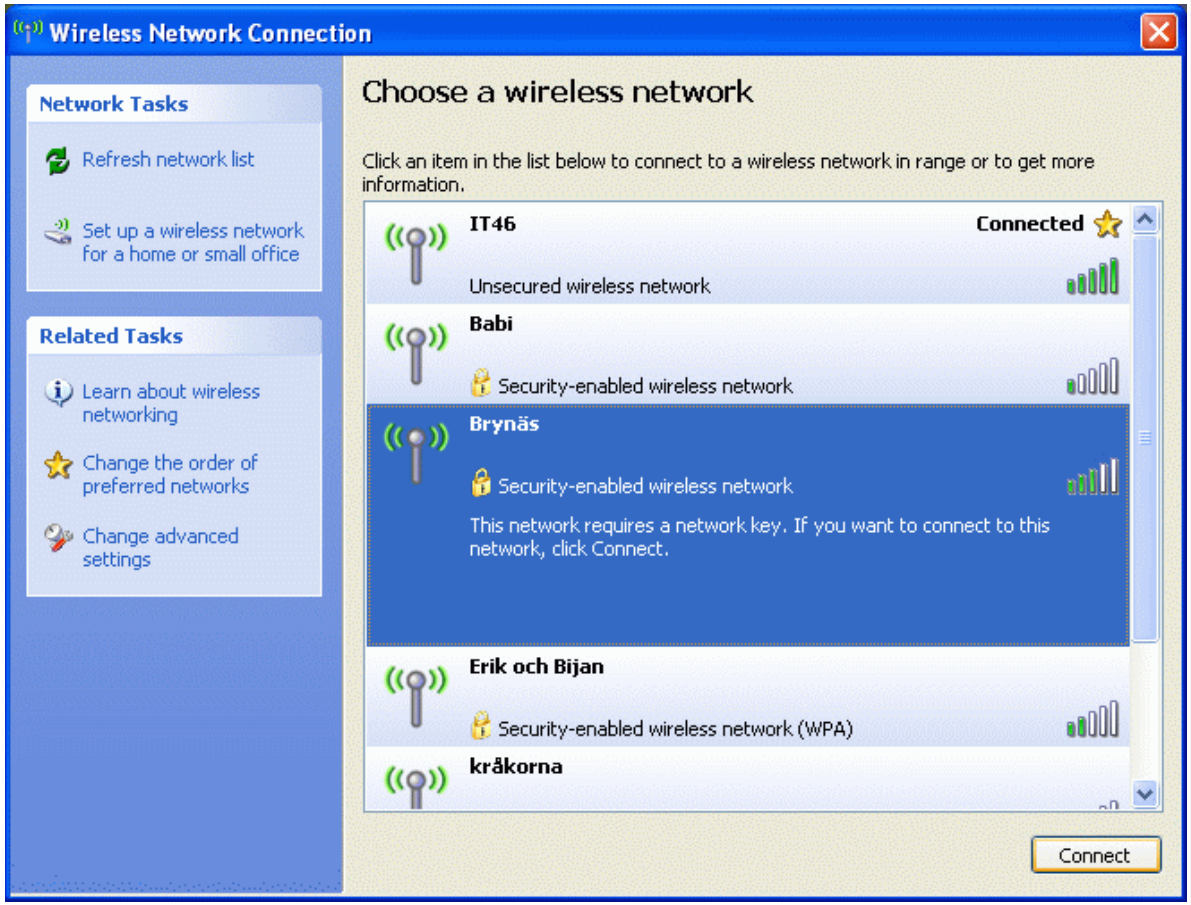
Paso 1: Seleccione la red

- Se conecta al AP que provee la mejor señal
  - Confirme la conexión a una red no encriptada
- Notificación *de Red inalámbrica detectada* en el área
- Seleccione entre las redes disponibles



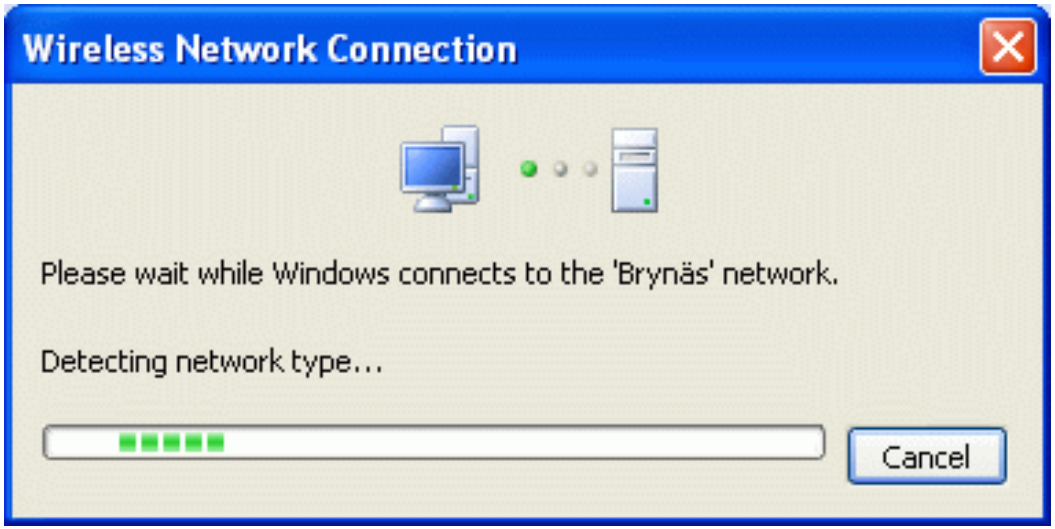
Redes inalámbricas disponibles

- Mensaje de estado
- Calidad de la señal
- SSID
- Encriptación



Asociando a un AP

- Seleccione el SSID
- Encriptación WEP = Candado dorado



Encriptación WEP

- Ingrese la clave WEP (identica a la clave WEP del AP)



Mensaje de estado



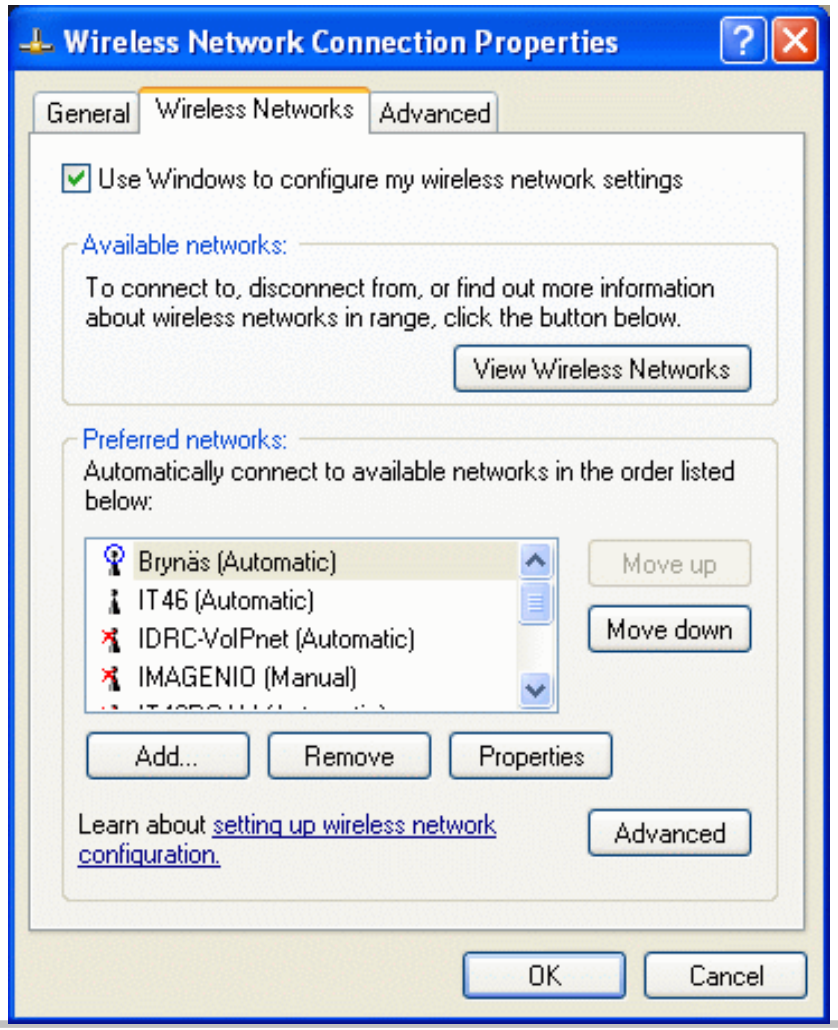
- Mensaje de estado de la conexión
  - Conectado: Configuración completa
  - Autenticación fallida

Autenticación no exitosa



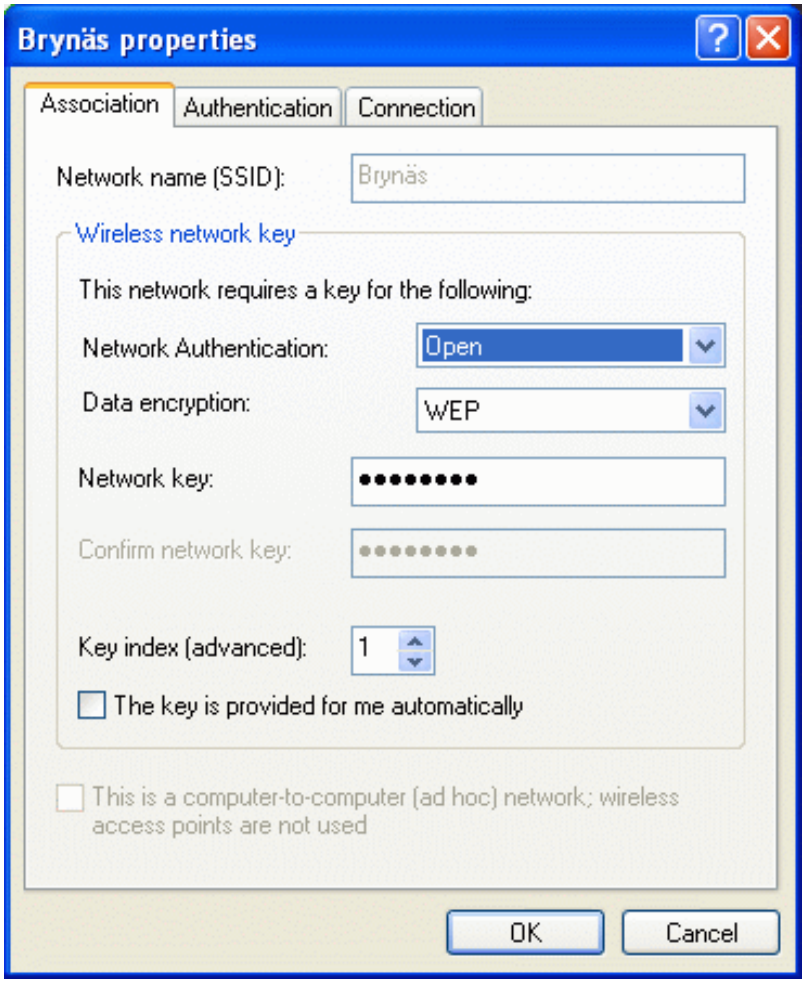
- Seleccione **Cambiar el orden de las redes preferidas** (en la lista de tareas relacionadas)
- Seleccione la pestaña **Redes inalámbricas** de las propiedades de su adaptador de red inalámbrica
- Pulse sobre el nombre de su red inalámbrica (**SSID**) en **Redes preferidas**.
- Pulse **Propiedades**

Configuración Manual



Configuración Manual

- Autenticación de red: Abierta
- Escriba la clave WEP (dos veces)
- Seleccione el índice de la clave (posición de memoria de la clave de encriptación en el AP)
- Pulse OK dos veces (aplique los cambios en la red inalámbrica y en el adaptador)



Paso 2: Configuración IP



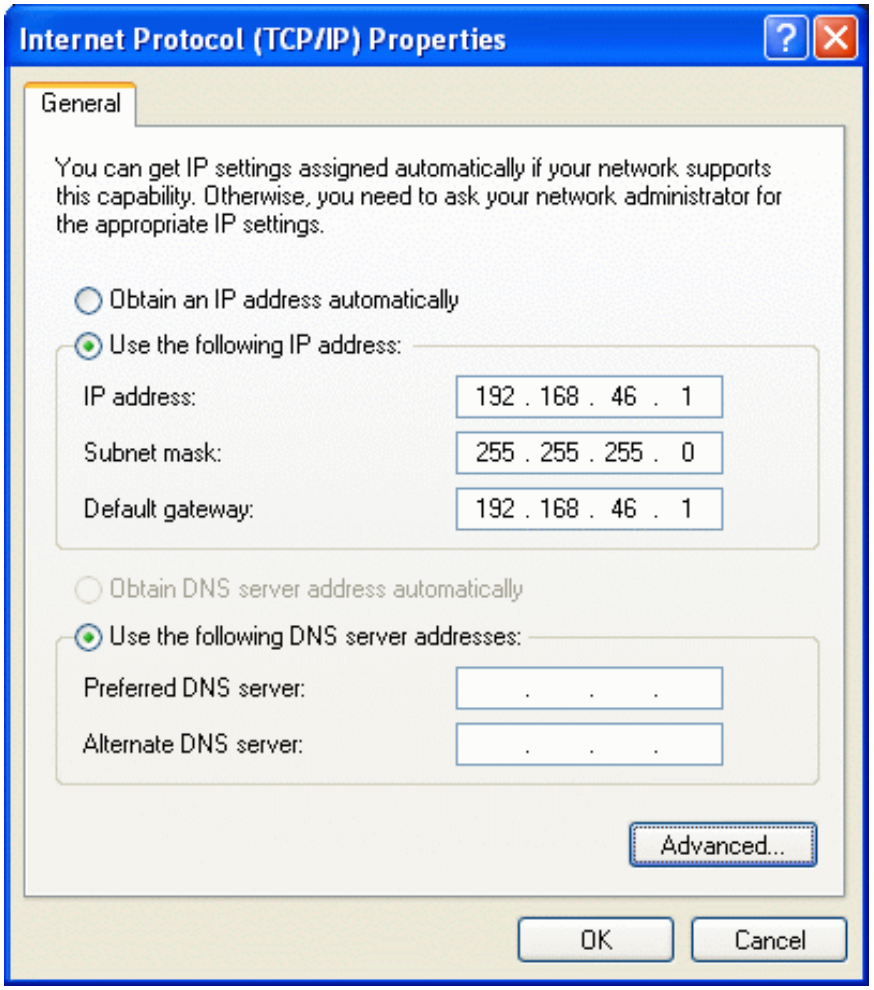
- Dirección IP
- Mascara de subred
- Gateway
- DNS

Configuración IP



- DHCP
  - `# ipconfig`
  - `# ipconfig /release all`
  - `# ipconfig /renew`
- Defina la dirección IP manualmente
  - Inicio > Panel de control > Conexiones de red
  - Conexión de red inalámbrica > Propiedades
  - General > Protocolo de internet (TCP/IP) >Propiedades

Definición manual de parámetros



Conclusiones: Linux



- Busque soporte para su distribución de Linux antes de comprar una tarjeta inalámbrica
- Use Internet para encontrar información sobre “problemas conocidos”
- Lea los Foros de usuarios y aprenda de otros

Conclusiones: Windows



- Asegúrese que sólo un gestor de configuración esta activado para evitar conflictos
- Asegúrese que el radio está activo (**on** en portátiles)
- Asegúrese que tiene los parámetros IP correctos para el punto de acceso al que se desea conectar
- Asegúrese que está conectado/a a la red “correcta” pues Windows seleccionará el punto de acceso con la señal más fuerte (sin encriptación)

Unidad 05



Configuración de puntos de acceso

Puntos de Acceso
Desarrollado por: IT +46 ,
Basado en el trabajo original de:
Onno W. Purbo and Sebastian Buettrich
Traducido por Lilian Chamorro

Objetivos



- Proveer una metodología general para la instalación y configuración de puntos de acceso
- Brindar la comprensión técnica de cada opción de configuración
- Hacer que el lector sea consciente de cada opción de configuración
- Proporcionar datos y trucos generales

Tabla de Contenidos



- Consejos generales antes de comenzar
- Instalación de hardware y firmware
- Configuración hardware(modelo OSI)
  - Capa física (inalámbrica)
  - Capa de enlace (inalámbrica)
  - Capa de red (en el dispositivo inalámbrico)
  - Capa de aplicación (entrada/salida del dispositivo inalámbrico)

Consejos generales



- Lea el manual y conozca el punto de acceso
- Considere el lugar de la instalación física
- Planee la red (topología, configuración TCP/IP).
- Tenga acceso físico a la documentación y material (no en línea)
- Tome nota de cada paso que realice

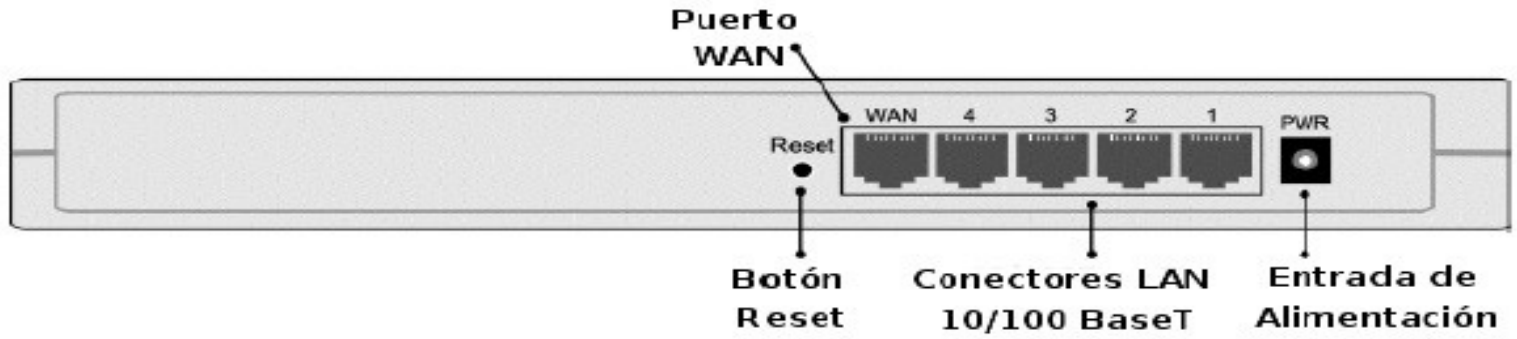
Consejos generales



- Considere el hardware que necesitará (PC/portátil con interfaces Ethernet e inalámbrica)
- Considere el software necesario:
  - Herramientas de software TCP/IP (ping, route)
  - Software específico del vendedor
  - Software para medir/detectar señales inalámbricas (Kismet, Netstumbler)

Instalación física: Interfaces

- Entrada de alimentación (12 V, 6V ...): a la fuente de energía DC
- Botón de Reset: Usado para reestablecer las opciones de configuración por defecto
- Conectores LAN (RJ45)
- Puerto WAN (RJ45): conexión a Internet



Pasos para configurar un Punto de Acceso



- **Reestablezca** el dispositivo, si no está seguro/a de que se encuentra en el estado por defecto.
- **Conecte** su computador al dispositivo por cable o inalámbricamente
- Primero: **cambie la contraseña** de administración por defecto. Hágalo! **Ahora! :)**
- Si su dispositivo puede ser más que un Punto de Acceso: **Defina el modo**: Punto de acceso, Puente, Cliente, Repetidor, Pasarela?

Actualización del Firmware



- Un software escrito en la ROM
- Es parte permanente del dispositivo
- Los vendedores actualizan el firmware continuamente
  - Ofrece la última configuración estable
  - Corrige errores reportados
- Mantenga su firmware actualizado

Conecte su computador al Punto de Acceso



- Por cable
  - Cable Ethernet vía HTTP
  - Ethernet, usando el software específico del vendedor (SNMP)
  - Cable serial usando HyperTerminal (si el puerto serial está disponible)
- Inalámbrico (HTTP(S))

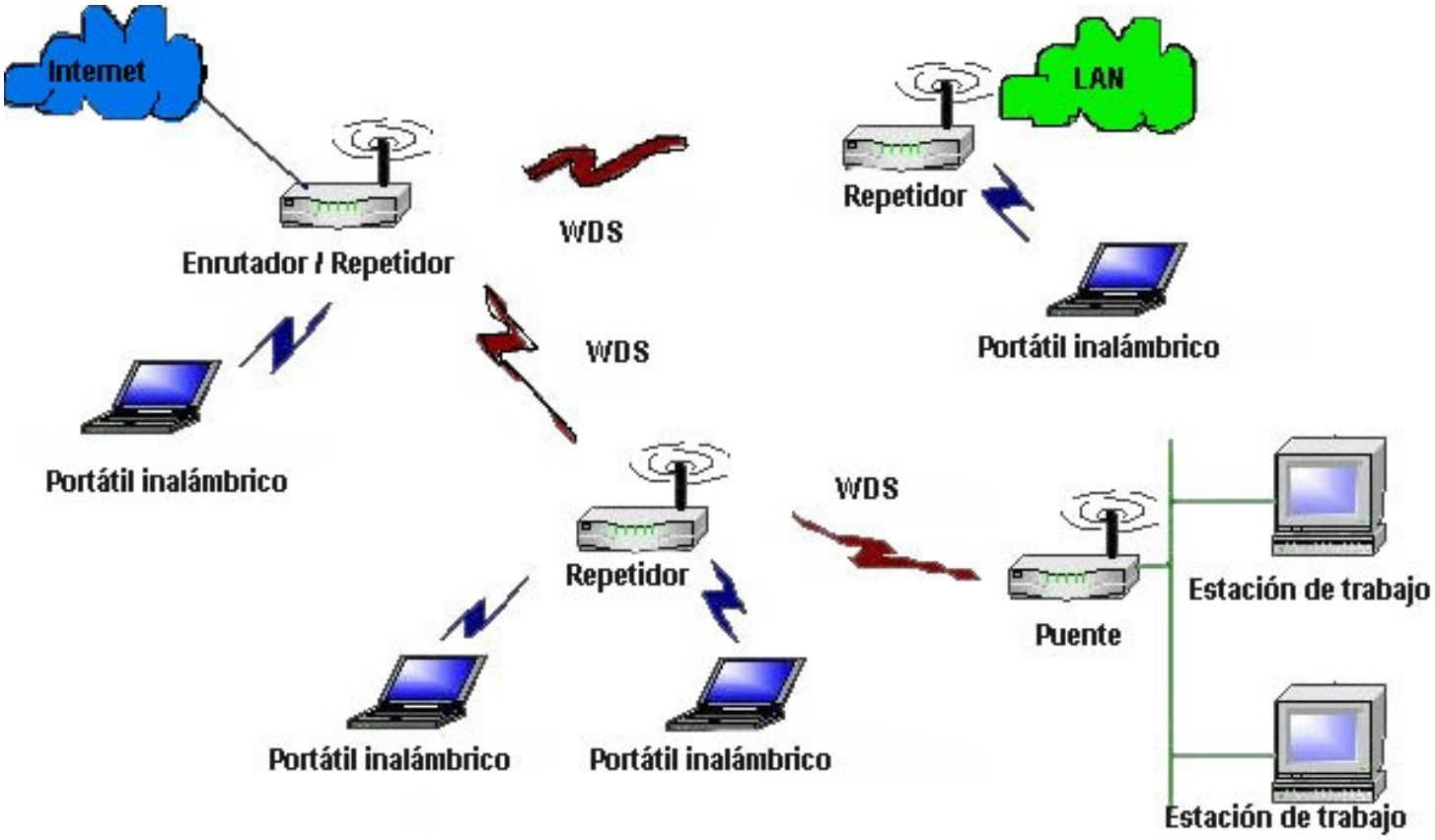
Configuración del Hardware (Modelo OSI)



- Capa física
  - Canal de frecuencia, Potencia de transmisión, Velocidad
- Capa de enlace
  - Modo (AP, GW, PtP...), SSID, filtros MAC, WEP/WPA, WDS
  - Intervalo de Beacon, RTS/CTS, Fragmentación
- Capa de red (IP)
- Capa de aplicación

Configuración del Hardware (Modelo OSI)

- WDS: Permite la conexión inalámbrica entre puntos de acceso, ya sea como puente o como repetidor



Capa física



- Canal
  - ¿Qué frecuencia está disponible?, haga un site survey del sitio, inspeccione los canales disponibles
- Tecnología TDD
- Potencia de transmisión
  - Regulaciones
  - ¿Cuál es su propósito? ¿Mayor cobertura o capacidad? No sature el espectro!
- Tasa de transmisión: Velocidad vs Estabilidad

Capa de enlace: Modos de operación



- Punto de acceso (Access Point Bridging)
- Puente punto a punto (Repetidor, Ad-Hoc)
- Enrutamiento punto a punto
- Adaptador inalámbrico Ethernet (Cliente inalámbrico)
- Extension del punto de acceso (WDS)
- Pasarela (Gateway, Router)

Capa de enlace: SSID



- SSID = Service Set Identifier
  - El nombre de la LAN inalámbrica
  - Usado para asociar/conectar a una u otra red
  - Sensible a mayúsculas, 32 caracteres alfanuméricos
- ¿Difundido (broadcasted) o no?

Capa de enalce: Control de acceso al medio



- Intervalo de Beacon
  - Incrementar la movilidad
- Acceso al medio: CSMA/CA
- RTS/CTS
  - Nodos ocultos
- Fragmentación
  - Interferencia o áreas pobremente cubiertas

Capa de enlace: Filtros MAC



- Sólo permite un conjunto limitado de direcciones MAC
- Una débil medida de seguridad
  - Los clientes pueden capturar los paquetes y encontrar que dirección MAC tiene garantizado el acceso
  - Cambian su dirección MAC a una aceptada “engañar” al punto de acceso

Capa de enlace: WEP y WPA



- WEP: Débil protocolo de encriptación pero usado frecuentemente
  - Claves de 64 o 128 bit (hexadecimal)
  - Fácilmente puede ser rota por un crack

Capa de enlace: WEP y WPA



- WPA: Wireless Privacy Access
  - Maneja las debilidades de WEP, es más robusto WPA
  - Autentique su red con WPA + PSK y encripte la llave con TKIP, es el método más seguro de protección de las redes WiFi, implemente radius en la red
- La misma llave para el AP, el cliente, equipo bridge, equipo WDS
- Actualice la clave frecuentemente

Capa de Red (IP)



- La Capa de Red no es parte de la red inalámbrica
- Los puntos de acceso con enrutador incorporado incluyen funcionalidades para enrutamiento, servidor DHCP y enmascaramiento(NAT):
  - Dirección IP/Máscara de red
  - Gateway/Enrutamiento
  - DNS para DHCP

Capa de Aplicación



- Contraseña del punto de acceso
  - Cambie la contraseña por defecto
  - Seleccione una contraseña segura
  - Previene el “secuestro” de su punto de acceso

Conclusiones



- Siga las instrucciones generales para configurar dispositivos inalámbricos
- Recuerde los pasos generales(conceptos) para poner a funcionar un punto de acceso o un enrutador inalámbrico
- Proteja su red inalámbrica contra intrusos, no comparta la llave de seguridad con usuarios, genere llaves conformada entre letras, números y caracteres especiales.

Conclusiones/recomendaciones



- Enfóquese en comprender que hace cada parámetro y cómo éste depende de los otros
- Los “Conceptos” no son específicos al vendedor o interfaz – lo importante es reconocer las configuraciones básicas, aún si éstas tienen diferentes nombres o colores
- Desactive el broadcast SSID, así un hacker no verá fácilmente el nombre de su red.

Unidad 06: Cálculo de Radioenlace

Autor: *Sebastian Buettrich, wire.less.dk.* ***Editado por:*** *Alberto Escudero Pascual, IT +46*
Traducido por: Asociación Civil Nodo TAU

Tabla de contenido

1. Sobre este documento ... 3
1.1 Información sobre propiedad intelectual ... 3
1.2 Grado de dificultad ... 3
1.3 Información sobre los iconos ... 3
2. Introducción ... 3
3. ¿Qué es un presupuesto de potencia del enlace? ... 4
4. Los elementos del presupuesto de enlace ... 4
4.1 El lado de Transmisión ... 5
4.1.1 Potencia de Transmisión (Tx) ... 5
4.1.2 Pérdida en el cable ... 6
4.1.3 Pérdidas en los conectores ... 7
4.1.4 Amplificadores ... 7
4.1.5 Ganancia de antena ... 8
4.2 Pérdidas de propagación ... 8
4.2.1 Pérdidas en el espacio libre ... 8
4.2.2 Zona de Fresnel ... 10
4.3 Lado receptor ... 11
4.3.1 Ganancia de antena desde el receptor ... 11
4.3.2 Amplificadores desde el receptor ... 12
4.3.3 Sensibilidad del receptor ... 12
4.3.4 Margen y Relación S/N ... 12
5. Términos y Conceptos ... 13
6. Cálculo con Decibeles (dB, dBm, dBi) ... 13
6.1 Unidades adimensionales ... 13
6.2 Conversión de Watt a dBm ... 14
7. Presupuesto de Enlace Completo ... 15
7.1 Ejemplo 1: Enlace de 50 km ... 15
7.2 Ejemplo 2: Enlace de 1 km ... 16
7.3 Otros cálculos y aproximaciones importantes ... 16

7.3.1 Fuentes de latitud/longitud y datos de elevación y rumbo..... 17
7.3.2 El programa RadioMobile 17
7.3.3 Calculadores en línea y hojas de cálculos..... 18
8. Conclusiones..... 18
9. Ejercicios..... 19
9.1 Ejercicio – Paso 1..... 19
9.2 Ejercicio – Paso 2..... 19
9.3 Ejercicio – Paso 3..... 19
9.4 Ejercicio – Paso 4..... 20
10. Recursos Adicionales..... 20
10.1 Recursos en línea..... 20
10.1.1 Distancias..... 20
10.1.2 Calculadores en línea..... 20
10.1.3 Programa RadioMobile..... 21
10.1.4 Fuentes de Datos de elevaciones..... 21
10.1.5 Datos de Aviación (aeropuertos)..... 21
11. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 21

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptadp para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico” con algunas partes “avanzadas”. Todas las partes “avanzadas” están dentro de un recuadro de fondo gris, para que el lector tenga conciencia del mayor grado de dificultad.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedada intelectual	Propiedada intelectual
				

2. Introducción

Independientemente del buen equipamiento de red inalámbrica que posea y del despeje de la línea de vista, necesita calcular el presupuesto de potencia de enlace. Sobrecargar un radio enlace no hará necesariamente, que las cosas mejoren para su implementación y causará problemas a otros usuarios del espectro.

Tener un buen presupuesto de potencia es esencial ya que es el requerimiento básico del funcionamiento del mismo. Puede ser comparado con los cimientos de una edificación: no importa lo bien hecho que estén el piso, las paredes y el techo, si el cimiento es débil, la edificación entera se caerá.

3. ¿Qué es un presupuesto de potencia del enlace?



Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado

4. Los elementos del presupuesto de enlace

Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

1. El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
2. Pérdidas en la propagación.
3. El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva (*effective receiving sensibility*).

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales.

Potencia del transmisor [dBm] – **Pérdida en el cable TX** [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – **Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto** [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – **Pérdidas en el cable del RX** [dB] = Margen – **Sensibilidad del receptor** [dBm].

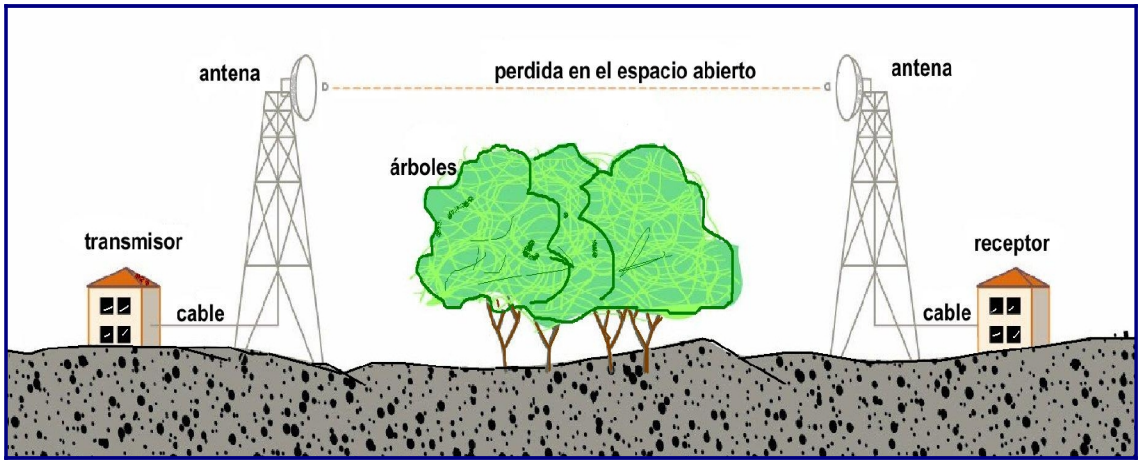


Figura 1: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

La siguiente sección presenta cada elemento del presupuesto del radio enlace.

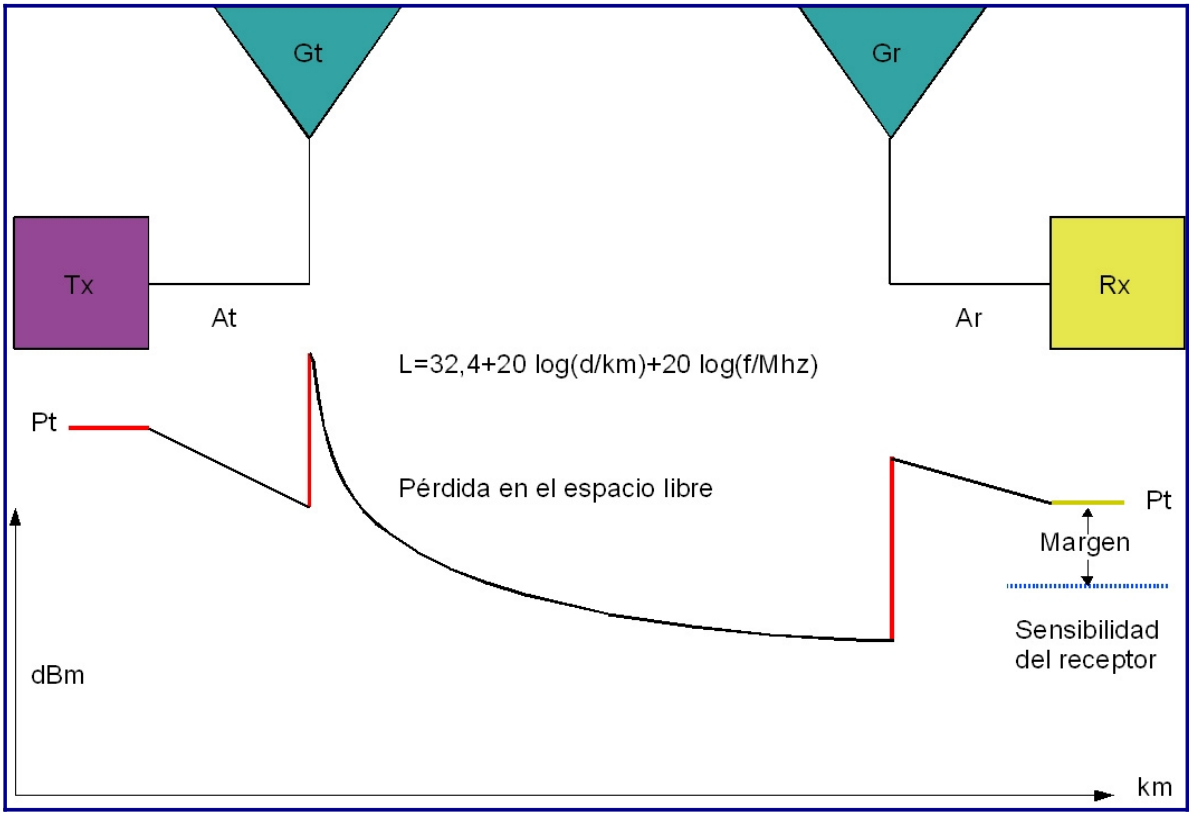


Figura 2: Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace



Una cuestión importante a tener en cuenta es que si la potencia del transmisor y la del receptor no son iguales debe realizarse el cálculo del presupuesto tanto en el sentido transmisor-receptor como en el sentido inverso para asegurarnos que el enlace se puede establecer efectivamente. Podría darse el caso, por ejemplo, de tener una radiobase de mucha potencia para que llegue a varios clientes a distintas distancias y que uno de los clientes reciba la señal pero no tenga la potencia suficiente para comunicarse con la radiobase con lo que el enlace no podrá establecerse.

4.1 El lado de Transmisión

4.1.1 Potencia de Transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos.

La potencia de transmisión del lradio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm (30 – 400 mW).

Por ejemplo, en la **Tabla 1**, vemos la hoja de datos de una tarjeta IEEE 802,11a/b:

Protocolo	*Potencia pico [dBm]*	*Potencia pico [mW]*
IEEE 802.11b	18	65
IEEE 802.11a	20	100

Tabla 1: Ejemplo de (pico) de potencia de transmisión de una tarjeta inalámbrica IEEE 802,11a/b típica.

4.1.2 Pérdida en el cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará.

Para darle una idea de cuán grande puede ser la pérdida en un cable, considere que está usando un cable RG58 que tiene una pérdida de 1 dB/m, para conectar un transmisor con una antena. Usando 3 m de cable RG58 es suficiente para perder el 50% de la potencia (3 dB).



Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia. Por eso al calcular la pérdida en el cable, asegúrese de usar los valores correctos para el rango de frecuencia usada. Controle la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible, verifique las pérdidas tomando sus propias mediciones. Como regla general, puede tener el doble de pérdida en el cable [dB] para 5,4 GHz comparado con 2,4 GHz.

Tipo de cable	*Pérdida [db/100m]*
RG 58	ca 80-100
RG 213	ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Flexline de 1/2”	12
Flexline de 7/8”	6,6
C2FCP	21
Heliax de ½ “	12
Heliax de 7/8”	7

Tabla 2: Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz.

4.1.3 Pérdidas en los conectores

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados DIY (Do It Yourself) pueden implicar pérdidas mayores. Vea la hoja de datos para las pérdidas en su rango de frecuencia y el tipo de conector que usará.

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de “Pérdidas en los cables”. Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio debe ser presupuestado hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. Revise los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad sólo introducen 0,2 dB).

4.1.4 Amplificadores

Opcionalmente, se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general, el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.

Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia (ensanchamiento), lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales de la región.

Técnicamente hablando, prácticamente no hay límites en la cantidad de potencia que puede agregar a través de un amplificador, pero nuevamente, tenga en cuenta que los amplificadores siempre elevan el ruido también.

En la figura siguiente se puede observar el efecto del amplificador en la señal recibida. Obsérvese que se aumenta tanto el nivel de la señal como el del ruido. Además, se puede notar que la señal amplificada presenta mayores fluctuaciones de ampltud que la original, esto significa que la relación Señal/Ruido se ha deteriorado a consecuencia de la amplificación.

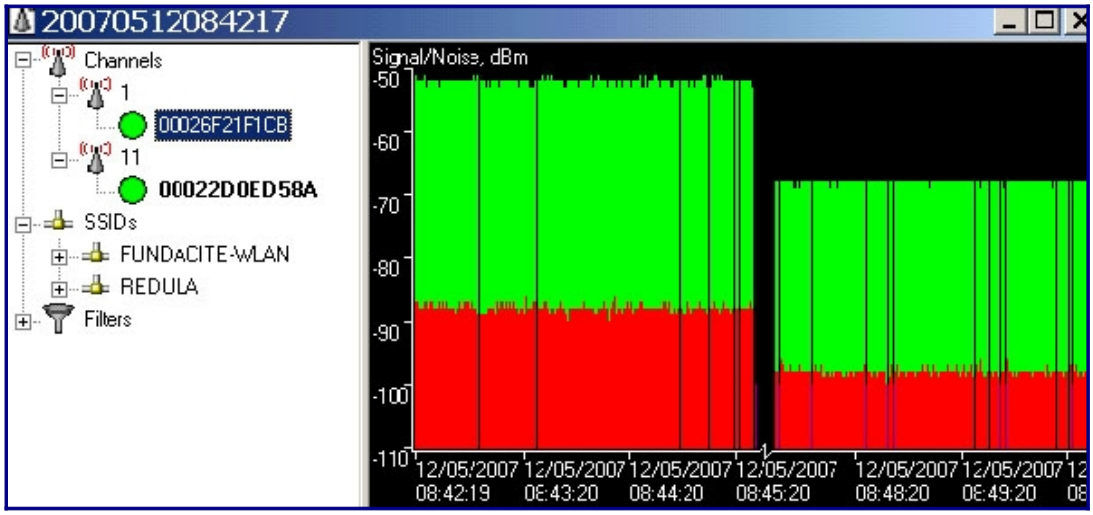


Figura 3: Señal y Ruido con y sin amplificar

4.1.5 Ganancia de antena

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena.

Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima. Ver unidad “Antenas y Cables” para mas detalles.

4.2 Pérdidas de propagación

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

4.2.1 Pérdidas en el espacio libre

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo con los principios de Huygens) que se irradia en direcciones

diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Nótese que esto no tiene nada que ver con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otra cosa que puede adicionar pérdidas

La Pérdida en el Espacio libre (FSL), mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en al aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

La Pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia . Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$PEA(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

d = distancia

f = frecuencia

K = constante que depende de las unidades usadas en d y f

Si d se mide en metros, f en Hz y el enlace usa antenas isotrópicas, la fórmula es:

$$FSL(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$

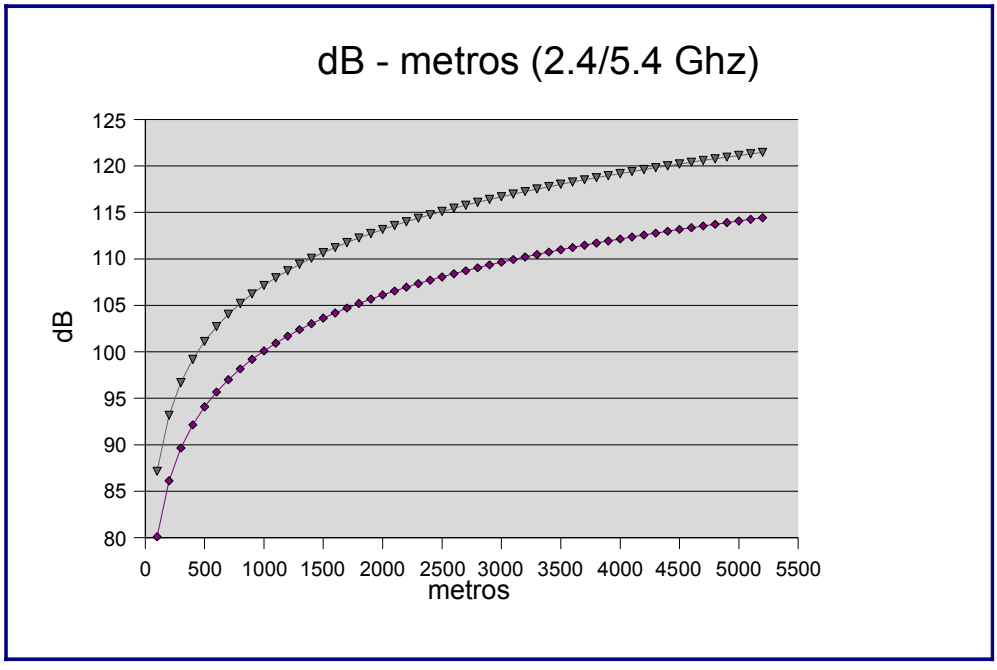


Figura 4: Pérdida en dB en función de la distancia en metros

El gráfico muestra la pérdida en dB para 2.4 GHz [ ] y 5.4 GHz [ ]. Se puede ver que después de 1,5 km, la pérdida se puede ver como “lineal” en dB.

Como regla general en una red inalámbrica a 2.4 GHz, 100 dB se pierden en el 1er kilómetro y la señal es reducida a 6 dB cada vez que la distancia se duplica. Esto implica que un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB y a 4km tiene una pérdida de 112 dB, etc.

Distancia [km]	***915 MHz***	***2,4 GHz***	***5,8GHz***
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Tabla 3: Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias

Estos valores son teóricos y pueden muy bien diferir de las mediciones tomadas, El término "espacio libre" no es siempre tan "libre", y las pérdidas pueden ser muchas veces mas grandes debido a las influencias del terreno y las condiciones climáticas. En particular, las reflexiones en cuerpos de agua o en objetos conductores pueden introducir pérdidas significativas. Ver unidad "Física Básica de Radio" para mayor información.

4.2.2 Zona de Fresnel

Teniendo como punto de partida el principio de Huygens, podemos calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor.

Basados en esto, podemos investigar cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo (por ej., un edificio, una colina o la propia curvatura de la tierra) en esta zona para contener las pérdidas.

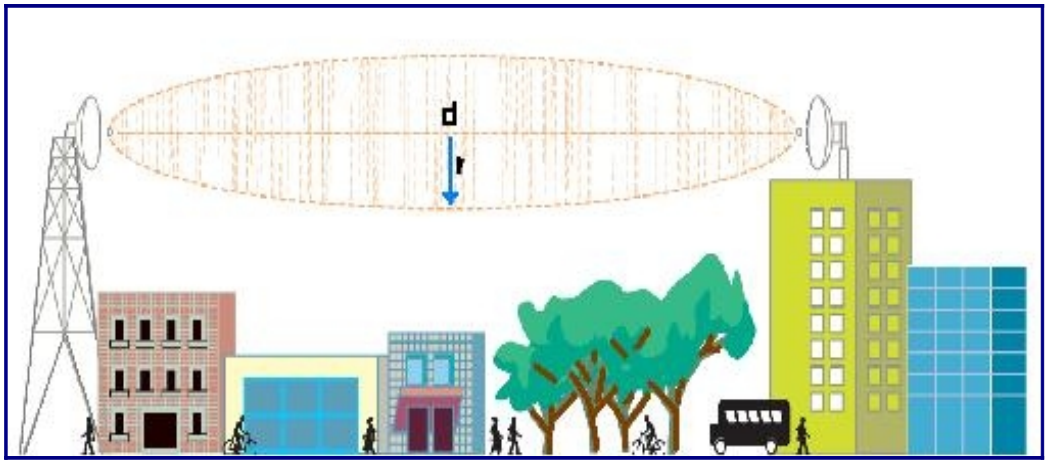


Figura 5: Zona de Fresnel

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de propagación, en la cuales

las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas.

La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$r = 17{,}32 * \sqrt{((d1 * d2)/(d * f))}$$

d1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio [m]

Si el obstáculo está situado en el medio (d1 = d2), la fórmula se simplifica:

$$r = 17{,}32 * \sqrt{(d/4\mathrm{f})}$$

Tomando el 60% nos queda:

$$0{,}6\,r = 5{,}2 * \sqrt{d/f}$$

Distancia [km]	***915 MHz***	***2,4 GHz***	***5,8 GHz***	***Altura de la curvatura terrestre***
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4,2
100	90	56	36	200

Tabla 4: Radio [m] para la primera zona de Fresnel

La "Altura de la curvatura terrestre" describe la elevación que la curvatura de la tierra crea entre 2 puntos.

4.3 Lado receptor

Los cálculos son casi idénticos que los del lado transmisor.

4.3.1 Ganancia de antena desde el receptor

Véase "Ganancia de Antena desde el transmisor".

4.3.2 Amplificadores desde el receptor

Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido consideradas y aun así sea necesario, por ej., para compensar pérdidas en el cable.

4.3.3 Sensibilidad del receptor

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer "bits lógicos" y alcanzar una cierta tasa de bits.



Cuanto mas baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

Una diferencia de 10dB aquí (que se puede encontrar fácilmente entre diferentes tarjetas) es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión.

Tarjeta	***11 Mbps***	***5,5 Mbps***	***2 Mbps***	***1 Mbps***
Orinoco cards PCMCIA Silver/Gold	-82 dBm	-87 dBm	-91 dBm	-94 dBm
Senao 802.11b card	-89	-91	-93	-95

Tabla 5: Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica

4.3.4 Margen y Relación S/N

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4 dB para la velocidad más baja de 1 Mbps.

En situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (tan altos como -92 dBm). En esos escenarios, se requiere un margen mayor:

Relación señal a ruido [dB] = 10*Log10 (Potencia de la señal [W] /Potencia del ruido [W])

En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2.4 GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100 dBm.

5. Términos y Conceptos

Estos son algunos términos y conceptos que tendrá que manejar para hacer cálculos de radio enlace:

Presupuesto de enlace / Presupuesto de Potencia / Ganancia del Sistema

Estos conceptos significan básicamente lo mismo: un cálculo depotencia de la señal a lo largo de la trayectoria de la misma.

Margen del sistema

Corresponde a la diferencia entre el valor de la señal recibida y la sensibilidad del receptor.

EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) = PIRE (Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva)

La Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva está regulada por la autoridad nacional. La misma especifica la potencia máxima legalmente permitida para ser enviada al espacio abierto en un área/país específico. El límite legal en Europa es normalmente 100 mW, en algunos escenarios muy particulares (enlaces punto a punto) y en otros países este máximo es de 4 W.

La PIRE es una medida de la potencia que se está enfocando en una determinada región de espacio, determinada por las características de la antena transmisora.

La PIRE es el resultado de restar pérdidas de potencia en el cable y conectores y sumar la ganancia relativa de antena a la potencia del transmisor.

PIRE (dBm) = Potencia del transmisor (dBm) – **Pérdidas en el cable y conectores** (dB) + ganancia de antena (dBi)

6. Cálculo con Decibeles (dB, dBm, dBi)

6.1 Unidades adimensionales

Como mencionamos anteriormente, un presupuesto de enlace es la suma de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hasta el receptor.

Potencia del transmisor [dBm] **–** Pérdida en el cable TX [dB] **+** Ganancia de antena TX [dBi] **–** Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB] **+** Ganancia de antena RX [dBi] **–** Pérdidas en el cable del RX [dB] **= Margen – Sensibilidad del receptor [dBm]**

Un aspecto que puede sorprender es que en la ecuación se suman unidades dBm, dB, dBi como si fueran de la misma dimensión. **¿Cómo es posible simplemente sumar y restar dBm, dB y dBi?.** La respuesta es que el decibel (dB) es una medida que surge de dividir dos cantidades, una unidad adimensional como el porcentaje (%). El dBm en cambio, es la potencia referida a 1 mW y por lo tanto es una medida absoluta. Esto se entiende mejor recurriendo a una analogía con las alturas en metros; para calcular la altura de un edficio de 30 m que está en una calle a 1600 m sobre el nivel del mar sumamos tranquilamente metros y metros sobre el nivel del mar. La altura total del edificio será de de 1630 m sobre el nivel del mar.

6.2 Conversión de Watt a dBm

Familiarizarse con la conversión entre potencia (W) y dBm es muy útil para hacer cálculos de enlaces.

En los cálculos de enlace, hay tres tipos de unidades logarítmicas:

- **dB (decibel)**

Se usa para medir pérdidas en los cables y conectores o ganancia de antenas y amplificadores. El decibel es una unidad relativa correspondiente al logaritmo decimal del cociente de dos valores de potencia.

dB = 10*log(P2/P1)

Los dB son positivos cuando se refieren a una ganancia, como la de una antena o un amplificador, y negativos cuando corresponden a un atenuación, como la de un cable.Volviendo a nuestro ejemplo, si construimos un mástil para la antena de 3 m sobre el techo del edificio, la altura total de la antena será de 1633m. Y si nuestro transmisor está en el sótano del edificio (a – 3m respecto al nivel de la calle) la longitud del cable del transmisor a la antena es 30 + 3 - (-3)= 36 m. Nótese que el cálculo de la longitud del cable se puede hacer también como la diferencia entre las alturas absolutas de la antena y el transmisor: 1633 – 1627= 36 m

- **dBm (dB referido a un mW)**

El dBm es una unidad logarítmica referida a la potencia de 1 mili Watt (0,001 W). Por lo tanto mide potencia absoluta. Será positivo cuando se refiera a valores superiores a 1 mW y negativo para valores inferiores a 1 mW, como los correspondientes a potencias recibidas.

dBm = 10*log(P/0.001W) = 10*log(P/1mW))

- **dBi (decibel respecto a la isotrópica)**

Usado para expresar la ganancia de una antena en comparación con una antena isotrópica, es decir aquella que irradia en todas direcciones con la misma intensidad:

dBi = **dB** relativo a una antena Isotrópica

Cuando se usa dB para calcular la Potencia es útil recordar la siguiente guía:

1. Duplicar la potencia es igual que agregar 3 dB
2. Reducir la potencia a la mitad es igual que restar 3 dB

Supongamos que tenemos una potencia de transmisión de 100 mW (20 dBm). Si duplicamos la potencia del transmisor a 200 mW, agregamos 3dB a 20 dBm que da 23 dBm. De esa forma, 400 mW dan 26 dBm y 800 mW dan 29 dBm. Siguiendo el mismo razonamiento 50 mW son 17 dBm (20 dBm – 3 dB).

7. Presupuesto de Enlace Completo

El cálculo de presupuesto de enlace es para estar seguro de que el margen en el receptor es mayor que un cierto umbral. Además, la PIRE debe estar dentro de las regulaciones. El margen de un presupuesto de enlace puede ser resumido de la siguiente manera:

Margen = Potencia de Transmisión [dBm] – **Pérdidas en el cable TX** [dB] + Ganancia de Antena TX [dBi] - **pérdida en la trayectoria del Espacio Abierto** [dB] + Ganancia de Antena RX [dBi]- **Pérdida de Cable RX** [dB] - **Sensibilidad del receptor** [dBm]

La sección siguiente muestra dos ejemplos reales de cálculo de presupuesto de enlace, uno para un enlace de 50 km y otro para uno de 1 km.

7.1 Ejemplo 1: Enlace de 50 km

Datos	*Elementos*	*Valores*
Distancia: 50 km (31,1 millas) **Frecuencia:** 2,4 GHz	Salidas de transmisor	+ 15 dBm
	Cables y conectores	- 3 dB
	Antena TX	+ 24 dBi
	FSL	-134 dB
	Antena RX	+ 24 dBi
	Cables y conectores	- 3 dB
	Sensibilidad del receptor	- 85 dBm
	Total: (margen)	+ 8 dB

Tabla 6: Enlace de 50 Km

El margen del enlace es de 8dB que puede ser adecuado para un ambiente rural pero la potencia irradiada de 36 dBm (4W) no es legal en Europa aunque si en EEUU.

7.2 Ejemplo 2: Enlace de 1 km

Datos	*Elementos*	*Valores*
Distancia: 1 km (0,622 millas) **Frecuencia:** 2,4 GHz **Cable de baja calidad** **Poca ganancia de antena**	Salida del transmisor	+ 18 dBm
	Cables y conectores	- 5 dB
	Antena TX	+ 5 dBi
	FSL	-100 dB
	Antena RX	+ 8 dBi
	Cables y conectores	- 5 dB
	Sensibilidad del receptor	- 92 dBm
	Total: (margen)	+ 13 dB

Tabla 7: Enlace de 1 km

El margen de este enlace es de 13 dB, adecuado para ambientes urbanos y la potencia irradiada es de 18 dBm (<100 mW), quiere decir que el enlace es legal en cualquier país.

7.3 Otros cálculos y aproximaciones importantes

Además de los elementos considerados, debemos tener en cuenta factores de corrección debido al terreno y la estructura de las edificaciones, factores climáticos y muchos otros. Todos ellos muy empíricos por naturaleza.

Estos se pueden encontrar bajo términos como desvanecimiento por lluvia, urbanos, del terreno, (*rain fading, urban fading, terrain fading*) con varias aproximaciones diferentes para calcularlos apropiadamente. Sin embargo hay límites en estas teorías como factores que NO pueden ser calculados o estimados fácilmente, normalmente son los que deciden si el enlace funciona o no.



En enlaces de grandes distancias, factores como la lluvia, la niebla y aún el cambio en las condiciones de la vegetación pueden contribuir a que se pierdan 15 dB.

7.3.1 Fuentes de latitud/longitud y datos de elevación y rumbo

Cuando planifique un enlace, el primer paso a menudo es conseguir datos confiables sobre la latitud/longitud y de elevación. Algunos puntos de partida para esto pueden ser:

1. Datos de un GPS que mida usted mismo. Además de las coordenadas, el GPS indica la distancia y el rumbo (Acimut) entre cualquier par de puntos. Tenga en cuenta que el rumbo geográfico difiere del rumbo magnético. La diferencia es la declinación magnética, que varía en con el tiempo y con el lugar. El GPS normalmente calcula tanto el rumbo geográfico o verdadero com el magnético.
2. El proyecto SRMT (Shuttle Radar Topography Mission) mantiene una base de datos acerca de las elevaciones de todo el planeta, aunque en resolución variable.
3. Los sitios de aviación y los aeropuertos locales suelen mostrar listas precisas con datos de lat/long.
4. Los radioaficionados suelen decir su ubicación en forma bastante precisa.
5. Los sitios islámicos dan las coordenadas de las mezquitas y la dirección hacia la Meca (y también sobre algún otro lugar).
6. Listas de ciudades en línea muestran coordenadas.
7. El proyecto confluence.org es un proyecto fascinante que recoge información e imágenes para cada lat/long. Mas allá de su calidad estética, esta puede ser un buena forma de comenzar una investigación de área.
8. No olvide conocimientos y métodos locales. Los fuegos artificiales (fireworks) pueden ser una buena forma para investigar grandes distancias. Para medir las alturas puede utilizar un altímetro, pero debe calibrarlo lo más frecuente que pueda.
9. Los mapas indican normalmente las coordenadas y sobre éstos se puede medir diractamente la distancia y el rumbo entre dos puntos, a menudo también las elevaciones.
10. La declinación magnética de cualquier sitio se puede obtener en: http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/jsp/Declination.jsp

7.3.2 El programa RadioMobile



Radio Mobile es el nombre de un programa para radioaficionados. Permite la planificación integral de una red, línea de vista, y cálculos de alcance basados en datos del terreno y ángulos de alineación de antena tanto en vertical como en horizontal.

El programa ahora corre bajo Windows solamente, pero se puede utilizar en Linux mediante un emulador, y es usado por mucha gente que trabaja con redes inalámbricas como herramienta de planificación/soporte. En 2007 se publicó una versión en castellano.

Usa datos de elevación provenientes de diversas fuentes en formato HGT, DTED, GLOBE, SRTM30, GTOPO y los obtiene directamente de estos repositorios. También los combina con otros mapas disponibles en la red.

Una fuente popular es el repositorio de la NASA SRTM (Shuttle Radio Topology Mission) de datos de elevación (free elevation data) que cubre el planeta completo a una resolución de 90 m.

Radio Mobile puede integrar mapas y base (backround) así como datos GIS.

URL: http://www.cplus.org/rmw/english1.html

7.3.3 Calculadores en línea y hojas de cálculos

Los calculadores en línea y las hojas de cálculo son herramientas valiosas que apoyan su trabajo con presupuestos de enlace. Asegúrese siempre de poder trabajar, estando desconectado o nó, y si es necesario con lápiz y papel tanto como en línea.



Con esta unidad le damos un calculador y una hoja de cálculos, que sirve como ejemplo. Es fácil de adaptar y crear el calculador adecuándolo a sus necesidades.

*El programa **Google Earth** es también muy útil para planificar enlaces. Nos indica distancias, rumbos y características del terreno, y nos permite examinarlo desde varias perspectivas. Está disponible gratuitamente en www.google.com*

8. Conclusiones

Entender los elementos de un enlace y su aporte a todo el presupuesto, en términos de ganancias o pérdidas, es crucial para implementar una red inalámbrica que funcione en forma confiable.

Los cinco temas más importantes que debe recordar de esta unidad pueden ser resumidos como:

1. Tener un buen presupuesto de enlace es un requerimiento básico para el buen funcionamiento del mismo.
2. Un presupuesto de enlace de una red inalámbrica es la cuenta de todas las ganancias y pérdidas desde el radio transmisor hacia el receptor.
3. Las pérdidas más grandes del enlace se producen en la propagación en espacio libre debido a la atenuación geométrica de la señal.

4. EIRP o PIRE es un valor que especifica la máxima *potencia* que está transmitiendo al espacio.
5. La sensibilidad del receptor es un parámetro que indica el valor mínimo de potencia que se necesita para alcanzar una cierta tasa de bit.

9. Ejercicios

9.1 Ejercicio – Paso 1

Identificar un proyecto relevante de radioenlace que esté conectado al taller o a su proyecto.

Punto 1: _____ Punto 2: _____

Distancia: _____ Alturas: _____

9.2 Ejercicio – Paso 2

Si no conoce la distancia, calcúlela usando una fórmula o herramientas en línea:

Punto 1: Latitud _____ Longitud _____

Punto 2: Latitud _____ Longitud _____

Distancia: _____

9.3 Ejercicio – Paso 3

Con base en la distancia del radioenlace, evalúe la pérdida en el Espacio Libre y estudie las posibilidades de establecer un radioenlace. Analice los requerimientos.

Examine la topología y otros factores: ¿Es posible de realizar el enlace?. Base su estudio en el uso de herramientas en línea y desconectado si es necesario. ¿Qué radio frecuencias son convenientes? ¿Qué hardware es conveniente?

Escriba un resumen corto de la situación (del otro lado de la hoja) y las posibilidades de establecer un radioenlace. Si el enlace no es posible, trate de encontrar alternativas.

9.4 Ejercicio – Paso 4



Si el proyecto es posible de realizar, hágalo de enlace completo. Consulte a su instructor cuando lo necesite.

!Comentarios que quiera hacer!!

Potencia de transmisión	_____	[dBm]
Pérdidas cable + conectores	_____	[dB]
Ganancia amplificador	_____	[dB]
Ganancia antena	_____	[dBi]
Pérdidas en espacio abierto	_____	[dB]
Ganancia antena	_____	[dBi]
Ganancia amplificador	_____	[dB]
Pérdidas en cable	_____	[dB]
Sensibilidad del receptor	_____	[dBm]
TOTAL	**_____**	**[dB]**

¿Su comentario?

10. Recursos Adicionales

10.1 Recursos en línea

10.1.1 Distancias

http://www.ga.gov.au/nmd/geodesy/datums/distance.jsp

10.1.2 Calculadores en línea

http://www.google.com/search?hl=en&lr=&q=wireless+link+calculator&btnG=Search

http://www.ecommwireless.com/calculations.html

http://www.terabeam.com/support/calculations/index.php (ex-YDI.com)

http://www.qsl.net/n9zia/

http://www.qsl.net/pa0hoo/helix_wifi/linkbudgetcalc/wlan_budgetcalc.html

http://www.zytrax.com/tech/wireless/calc.htm

http://www.connect802.com/antenna_c_main.php

http://www.connect802.com/literature.htm

http://my.athenet.net/~multiplx/cgi-bin/tilt.main.cgi

http://ac6v.com/opaids.htm#BEAR



No confíe demasiado en calculadores en línea, los sitios pueden desaparecer o cambiar, o Ud. puede no estar en línea cuando planifica un enlace.

Prepare una hoja de cálculo o un calculador basado en JavaScript o simplemente tenga lápiz y papel a mano. En el cálculo de un radioenlace no es necesaria una computadora.

10.1.3 Programa RadioMobile

Altamente recomendado

http://www.cplus.org/rmw/english1.html

Existe también una versión en castellano

10.1.4 Fuentes de Datos de elevaciones

http://www.cplus.org/rmw/dataen.html

10.1.5 Datos de Aviación (aeropuertos)

e.g. http://www.fallingrain.com/world/

11. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-NoComercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:´

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 abril 2007. Editado por: Alberto Escudero Pascual, IT +46. Traducido por: Asociación Civil Nodo TAU.

Unidad 06



Cálculo de Radioenlace

Desarrollado por: Sebastian Buettrich
Editado por: Alberto Escudero-Pascual
Presentado por: Eduardo J. Rodríguez

Objetivos



- *Presentar todos los elementos y herramientas necesarias para el cálculo de un radioenlace*
- *Discutir cada uno de estos elementos*
- *Ser capaz de evaluar los resultados en contacto directo con la realidad*

Tabla de Contenidos



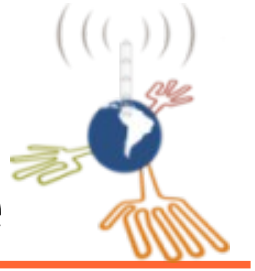
- ¿Qué es un presupuesto de enlace?
- Elementos de un radioenlace
  - Lado de Transmisión
  - Lado de Propagación
  - Lado Receptor
- Como calcular un presupuesto de enlace

¿Qué es un presupuesto de enlace?



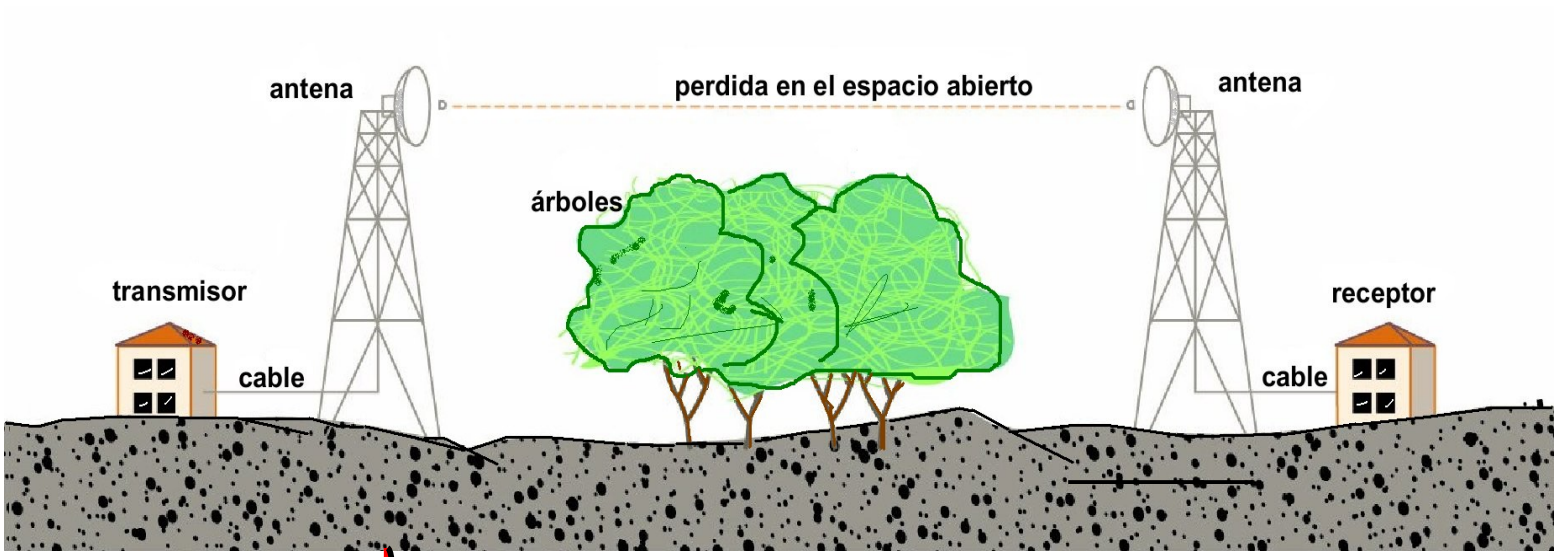
- El cálculo de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor hasta el receptor
- Un buen presupuesto de enlace es esencial para el funcionamiento del mismo
- Estimación de pérdidas/ganancias en un radioenlace:
  - Diseño adecuado
  - Correcta elección de los equipos

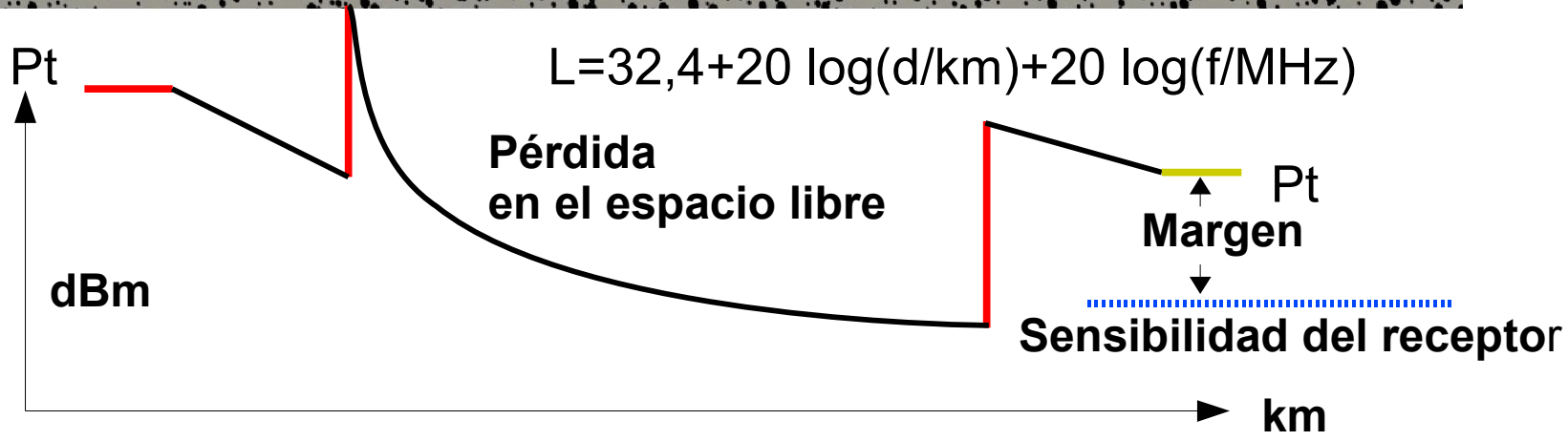
Elementos de un Radioenlace



- Lado de Transmisión
  - Potencia de Transmisión, pérdidas en el cable, ganancia de antena
- Lado de Propagación
  - FSL, zona de Fresnel
- Lado Receptor
  - Ganancia de antena, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor

Elementos de un Radioenlace





Ecuación de Radioenlace



+ Potencia del Transmisor [dBm]

- Pérdidas en el Cable TX [dB]

+ Ganancia de Antena TX [dBi]

- Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB]

+ Ganancia de Antena RX [dBi]

- Pérdidas en el Cable RX [dB]

= Margen – Sensibilidad del receptor [dBm]

el cálculo debe hacerse en ambas direcciones

Potencia de Transmisión (Tx)



- *Potencia de salida del radio (la tarjeta inalámbrica, estación base)*
- *El límite superior depende de límites regulatorios por lo tanto de los países/regiones y la utilidad en el tiempo*

Protocolo	***Potencia pico [dBm]***	***Potencia pico [mW]***
IEEE 802.11b	18	65
IEEE 802.11a	20	100

Pérdidas en el Cable



- Pérdidas debido a la atenuación
- El cable de la antena debe ser lo más corto posible
- Dependientes de la Frecuencia
- Controlar la hoja de datos y verificar
- Los valores típicos de pérdidas varían entre 1 dB/m hasta < 0.1 dB/m
- Menores pérdidas => cable más costoso

Pérdidas en el Cable



Tipo de cable	*Pérdida [db/100m]*
RG 58	ca 80-100
RG 213	ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Flexline de 1/2”	12
Flexline de 7/8”	6,6
C2FCP	21
Heliax de ½ “	12
Heliax de 7/8”	7

Pérdidas en los Conectores



- Pérdidas en los conectores (≈0.25 dB por conector)
- Dependiendo de la frecuencia y tipo de conector
- Pérdidas en protectores contra descarga eléctrica. (≈1 dB)

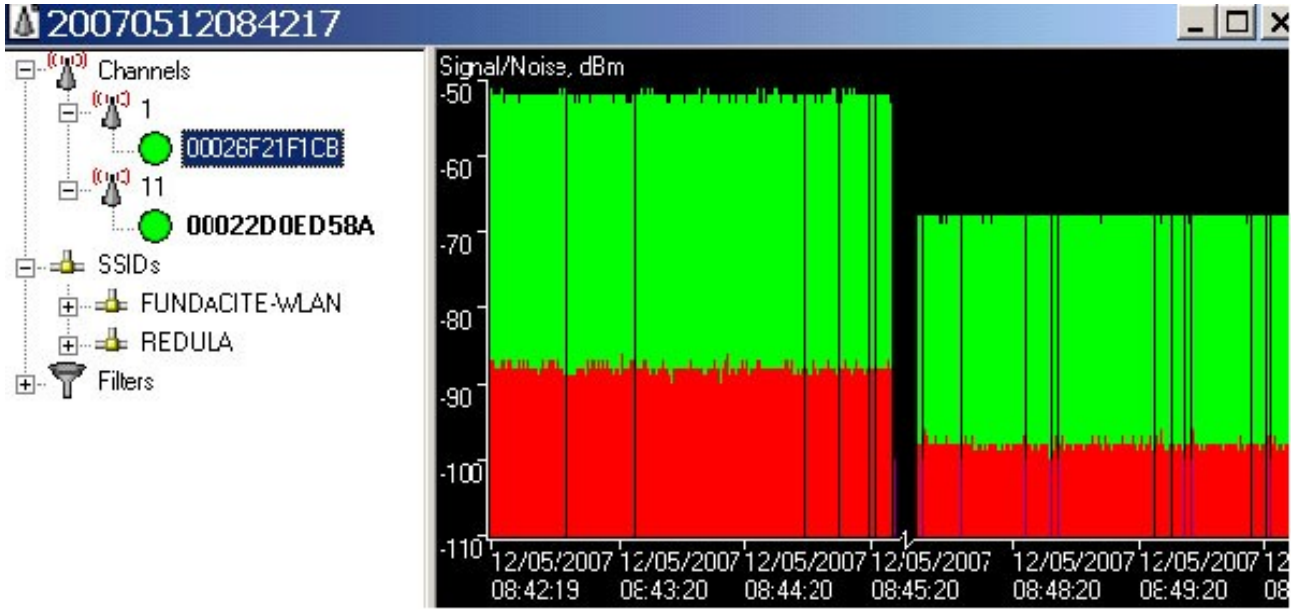
Amplificadores



- Su uso es opcional, compensa pérdidas en los cables
- Puede cambiar características en la frecuencia y adicionar ruido
- Considere los límites legales
- Una elección inteligente de las antenas y una alta sensibilidad en el receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación

Amplificadores

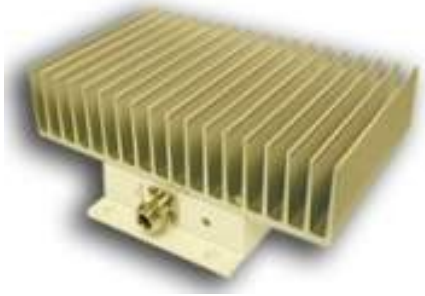
- El amplificador aumenta tanto el nivel de la señal como el del ruido



Amplificadores

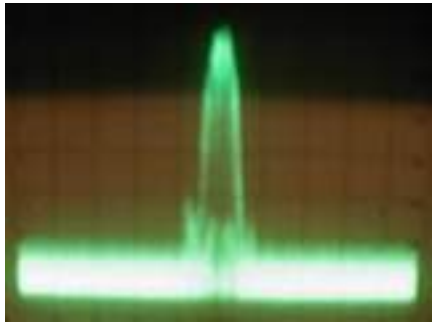




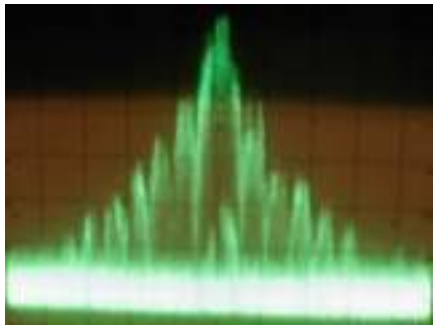


Lo que un amplificador económico puede hacer

antes



después



Antena del lado transmisor



- Ganancia de Antena en rangos desde
  - 2 dBi (antena integrada simple)
  - 8 dBi (omni direccional estándar)
  - 21 - 30 dBi (parabólica)
- Verifique que realmente tiene la ganancia nominal
  - Pérdidas en la inclinación, en la polarización,etc.

Pérdidas en el espacio libre



- Proporcional al cuadrado de la distancia
- Proporcional al cuadrado de la frecuencia del radio

$$FSL\ (dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$

d = distancia [m]

f = frecuencia [Hz]

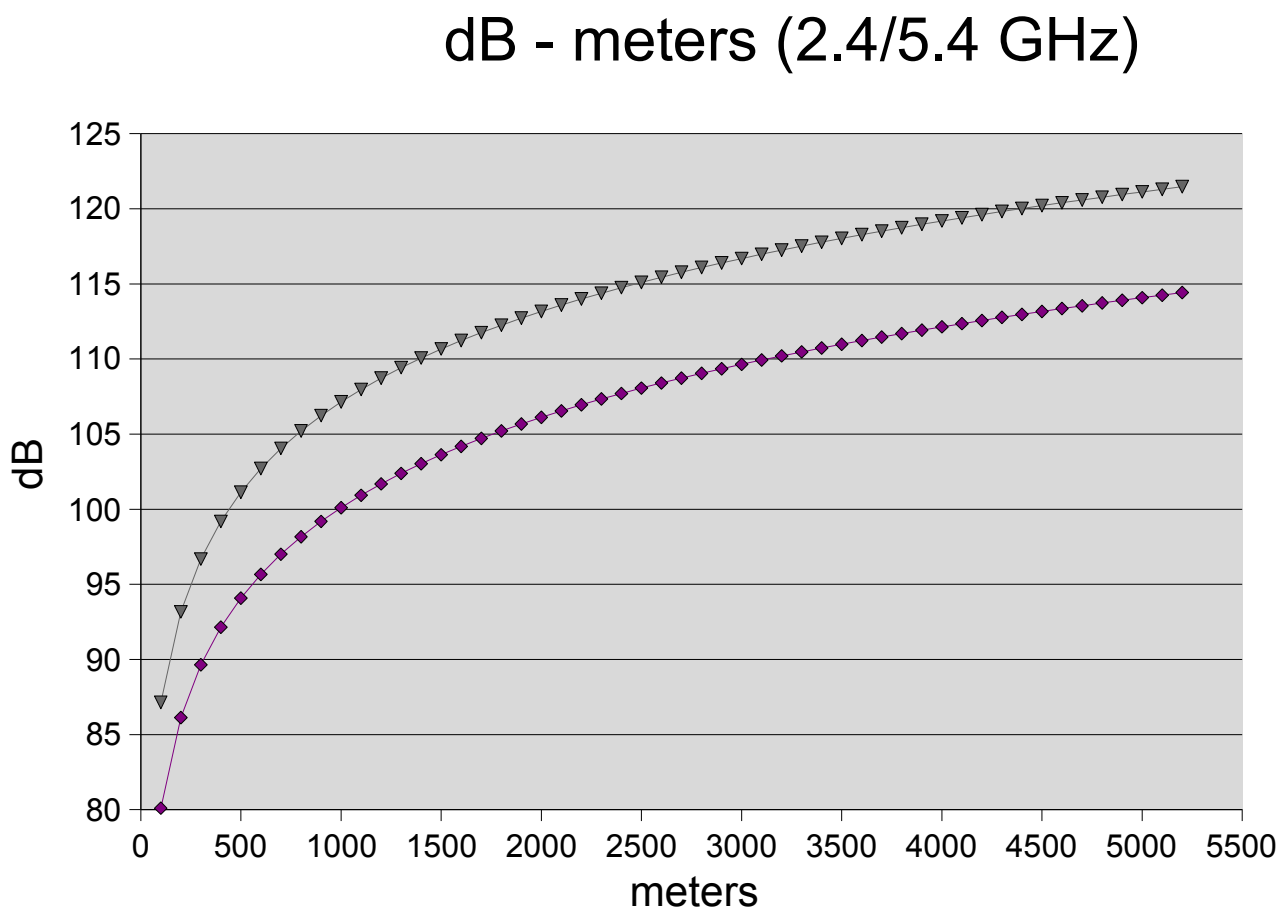
Suponemos una antena isotrópica

Pérdidas en el espacio libre

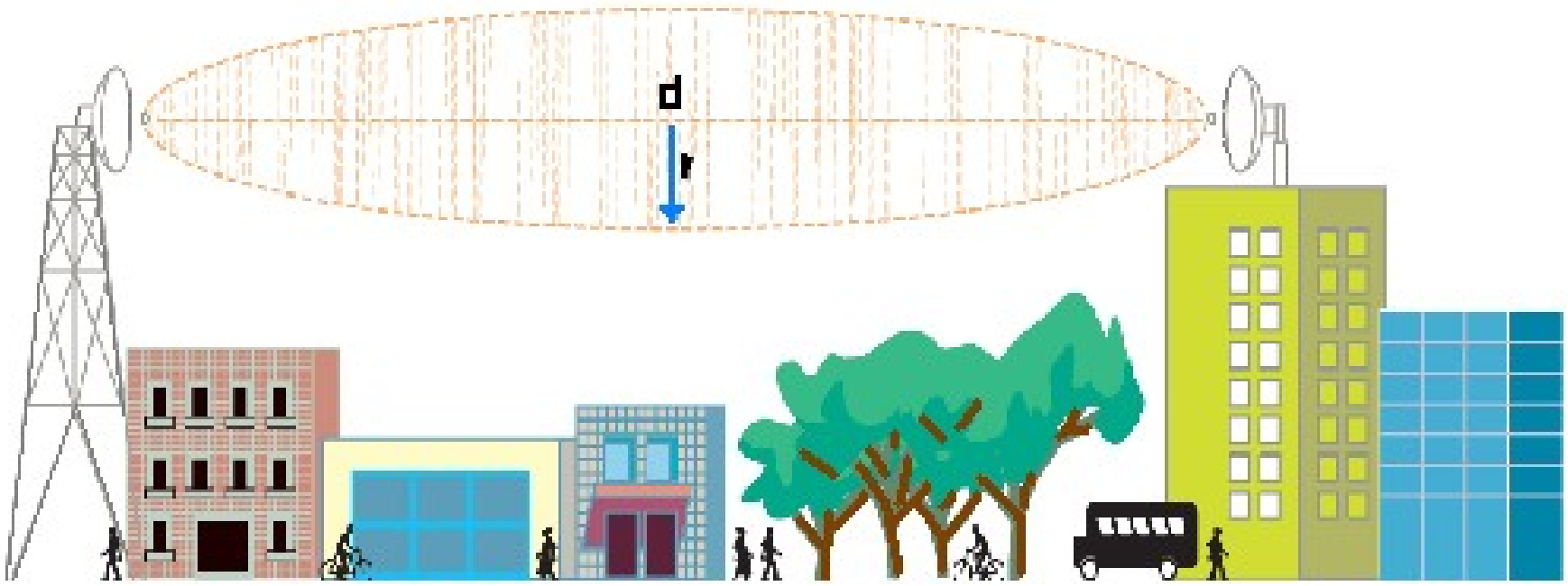


Distancia [km]	*915 MHz*	*2,4 GHz*	*5,8GHz*
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Aproximación lineal de FSL



Propagación en el espacio libre: Zona de Fresnel



Propagación en el espacio libre: Zona de Fresnel



$$r = 17{,}32 * \sqrt{((d1 * d2)/(d * f))}$$

- d1= distancia al obstáculo desde el transmisor [km]
- d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]
- d = distancia entre transmisor y receptor[km]
- f= frecuencia [GHz]
- r= radio [m]

Propagación en el espacio libre: Zona de Fresnel



Obstáculo situado en el medio (d1=d2):

$$r = 17{,}32 * \sqrt{\left(d / 4\mathrm{f}\right)}$$

El radio que contiene el 60% del total de la potencia:

$$r\left(60\ percent\right) = 10{,}4 * \left(d / 4\mathrm{f}\right)$$

Propagación en el espacio libre: Zona de Fresnel



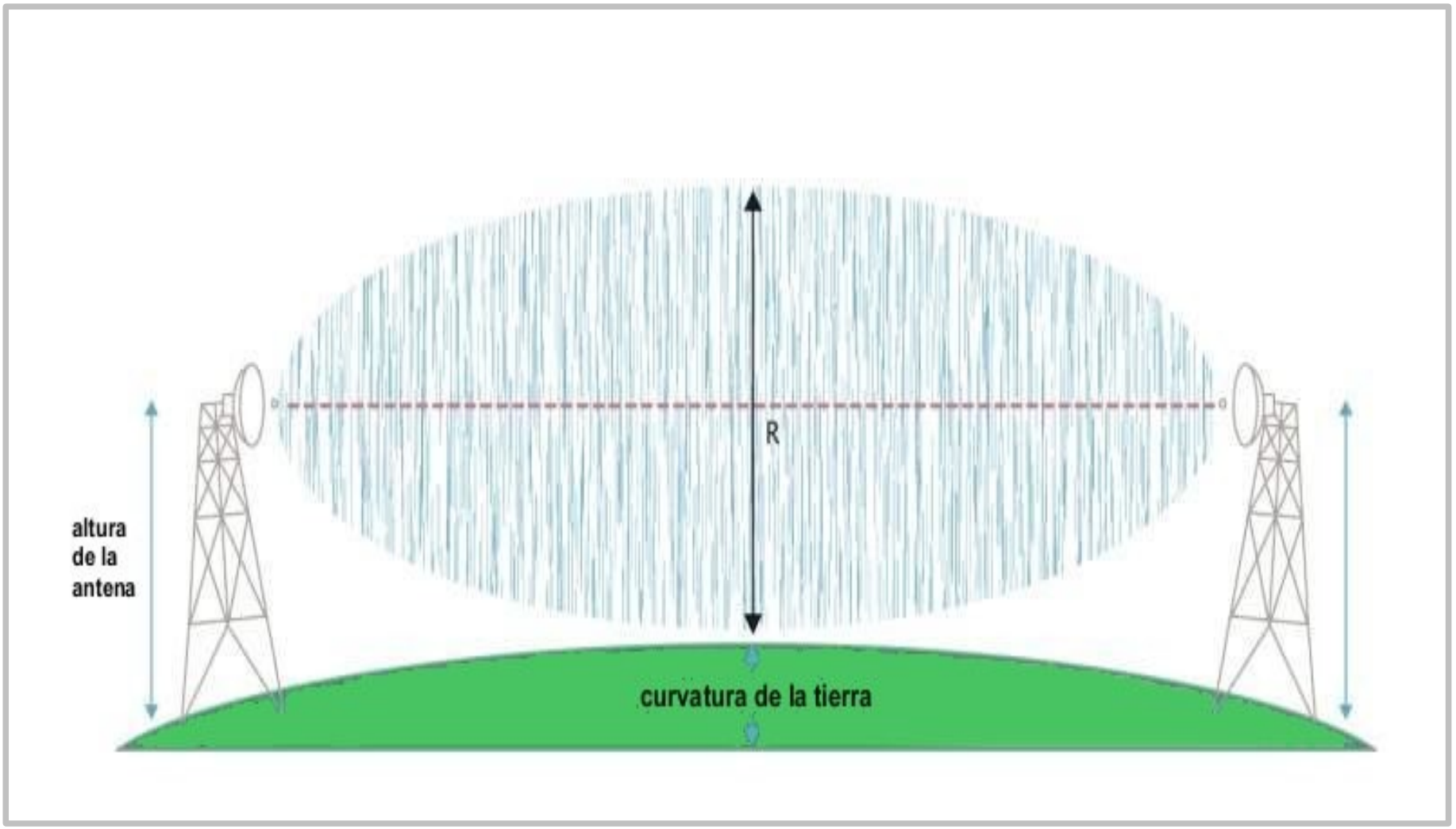
Propagación en el espacio libre: Zona de Fresnel



Distancia [km]	*915 MHz*	*2,4 GHz*	*5,8 GHz*	*Altura de la curvatura terrestre*
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4,2
100	90	56	36	200

- **Radio [m] para la primera zona de Fresnel**

Propagación en el espacio libre: Zona de Fresnel



Lado Receptor.Pérdidas en Antenas, Cables y Amplificadores



- Los cálculos son iguales que los del lado de transmisión

Sensibilidad del receptor



- *Muestra el mínimo valor de potencia que necesita para poder decodificar/extraer "bits lógicos" y alcanzar una cierta tasa de bit*
- *Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio*
- *Una diferencia de 10 dB aquí es tan importante como 10 dB de ganancia en una antena*

Sensibilidad del receptor

Tarjeta	11 Mbps	5,5 Mbps	2 Mbps	1 Mbp
Tarjetas Orinoco PCMCIA Silver/Gold	-82 dBm	-87 dBm	-91 dBm	-94 dBm
Senao 802.11b card	-89	-91	-93	-95

Margen y SNR (tasa de señal a ruido)



Margen = Señal recibida en el receptor – sensibilidad

- No es suficiente que la señal sea > que el ruido
- Es necesario un cierto margen entre la señal y el ruido (SNR)
- Requerimiento típico de SNR es:
  - 16 dB para 11 Mbps
  - 4 dB para 1 Mbps

Términos y Conceptos



- **Presupuesto de enlace / Presupuesto de potencia / Ganancia del Sistema**
  - Un cálculo de señal/potencia de las partes del sistema
  - El cálculo debe hacerse en ambas direcciones
- Margen de operatividad del sistema
  - Señal recibida – sensibilidad

Términos y Conceptos



- EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) = PIRE (Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva)
  - *Máxima Potencia Irradiada*
  - *100 mW en Europa*
  - *1- 4 W en otros países*

PIRE (dBm) = Potencia Transmisor (dBm) – Pérdidas en cables y conectores (dB) + Ganancia de Antena (dBi).

Cálculo con dB



- Decibel es adimensional

  (como el porcentaje)
- dB= 10*log(P1/P2)

- dBm= 10*log(P/0.001W)= 10*log(P/1mW)

Cálculo con dB



- dBi = dB relativo a una antena isotrópica ideal (Fuente de un punto)
- Las unidades de decibeles pueden ser sumadas y restadas y el resultado será adimensional

Cálculo con dB



La Regla de Oro:

- Duplicar la potencia es igual a sumar 3 dB
- Reducir la potencia a la mitad es igual que restar 3 dB

El presupuesto de enlace completo



- *Dos ejemplos reales a discutir*
- *La cuestión clave es:*

¿Que margen necesita para que un enlace funcione bien?

El presupuesto de enlace completo



+ Potencia del Transmisor [dBm]

- Pérdidas en el Cable TX [dB]

+ Ganancia de Antena TX [dBi]

- Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB]

+ Ganancia de Antena RX [dBi]

- Pérdidas en el Cable RX [dB]

= Margen – Sensibilidad del receptor [dBm]

Presupuesto de enlace completo: Ejemplo 1



Datos	Elementos	Valores
Distancia: 50 km (31,1 millas) **Frecuencia:** 2,4 GHz	Salidas de transmisor	+ 15 dBm
	Cables y conectores	- 3 dB
	Antena TX	+ 24 dBi
	FSL	-134 dB
	Antena RX	+ 24 dBi
	Cables y conectores	- 3 dB
	Sensibilidad del receptor	- 85 dBm
	Total: (margen)	+ 8 dB

Presupuesto de enlace completo: Ejemplo 2



Datos	*Elementos*	*Valores*
Distancia: 1 km (0,622 millas) **Frecuencia:** 2,4 GHz **Cable de baja calidad** **Poca ganancia de antena**	Salida del transmisor	+ 18 dBm
	Cables y conectores	- 5 dB
	Antena TX	+ 5 dBi
	FSL	-100 dB
	Antena RX	+ 8 dBi
	Cables y conectores	- 5 dB
	Sensibilidad del receptor	- 92 dBm
	Total: (margen)	+ 13 dB

Otros cálculos importantes



- **Factores de corrección debido a:**
  - Estructuras del terreno y edificación
  - Superficies húmedas, lluvia, nieve y agua
- **Dificultad para estimar y que cambian con el tiempo**
- **Puede tener gran impacto en el presupuesto total de enlace**
- **Los cálculos teóricos son una cosa y los prácticos otra**

Fuentes de Lat/Long, elevación y datos de distancias



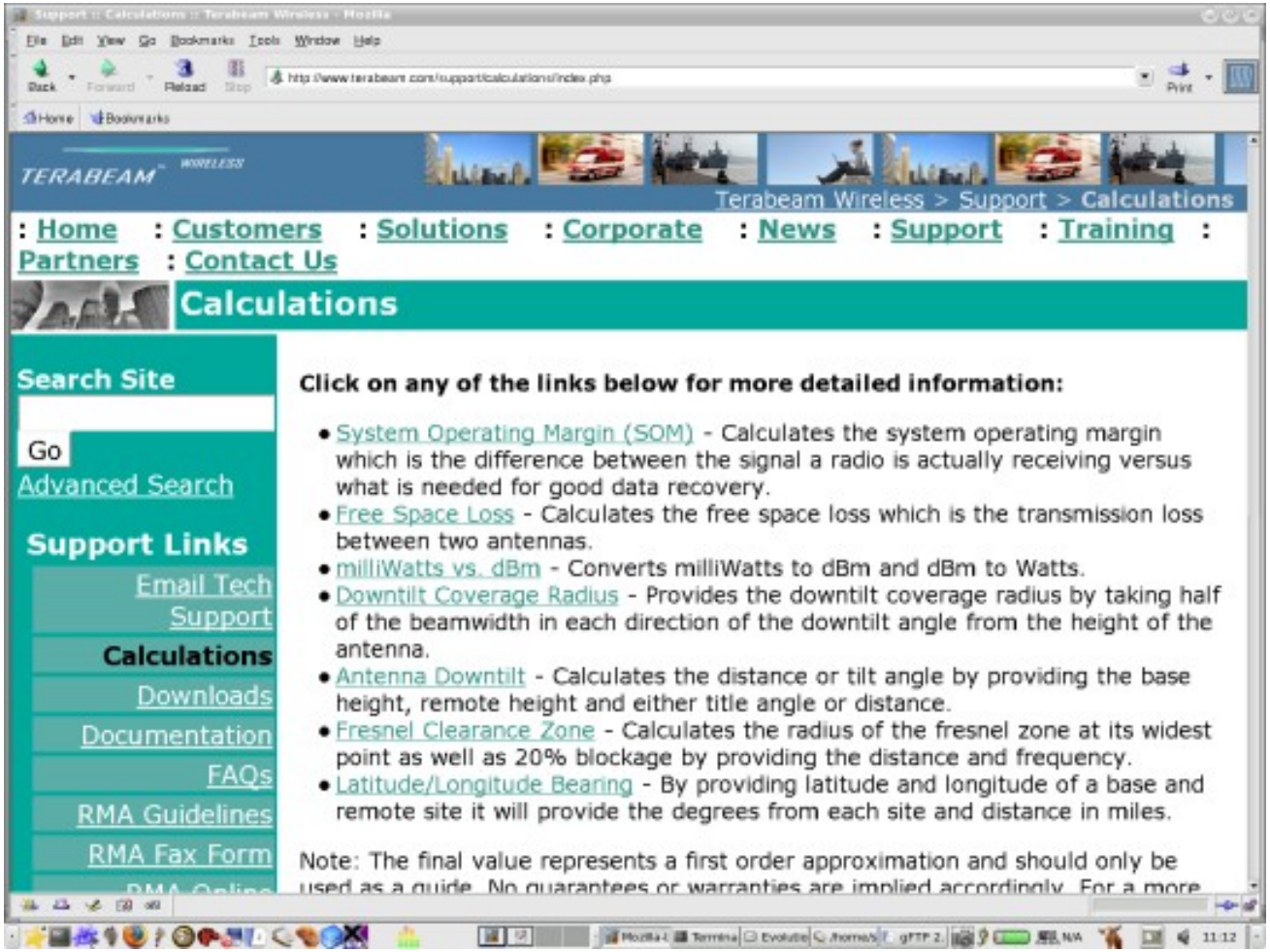
- Conocimiento Local
- Datos GPS
- Projecto (SRTM) Shuttle Radar Topography Mission
- Sitios de Aviación, localizadores en los aeropuertos
- Sitios de Radioaficionados, Islámicos
- Listas de ciudades
- El proyecto *confluence.org* como una primera vista

Cálculadores en línea

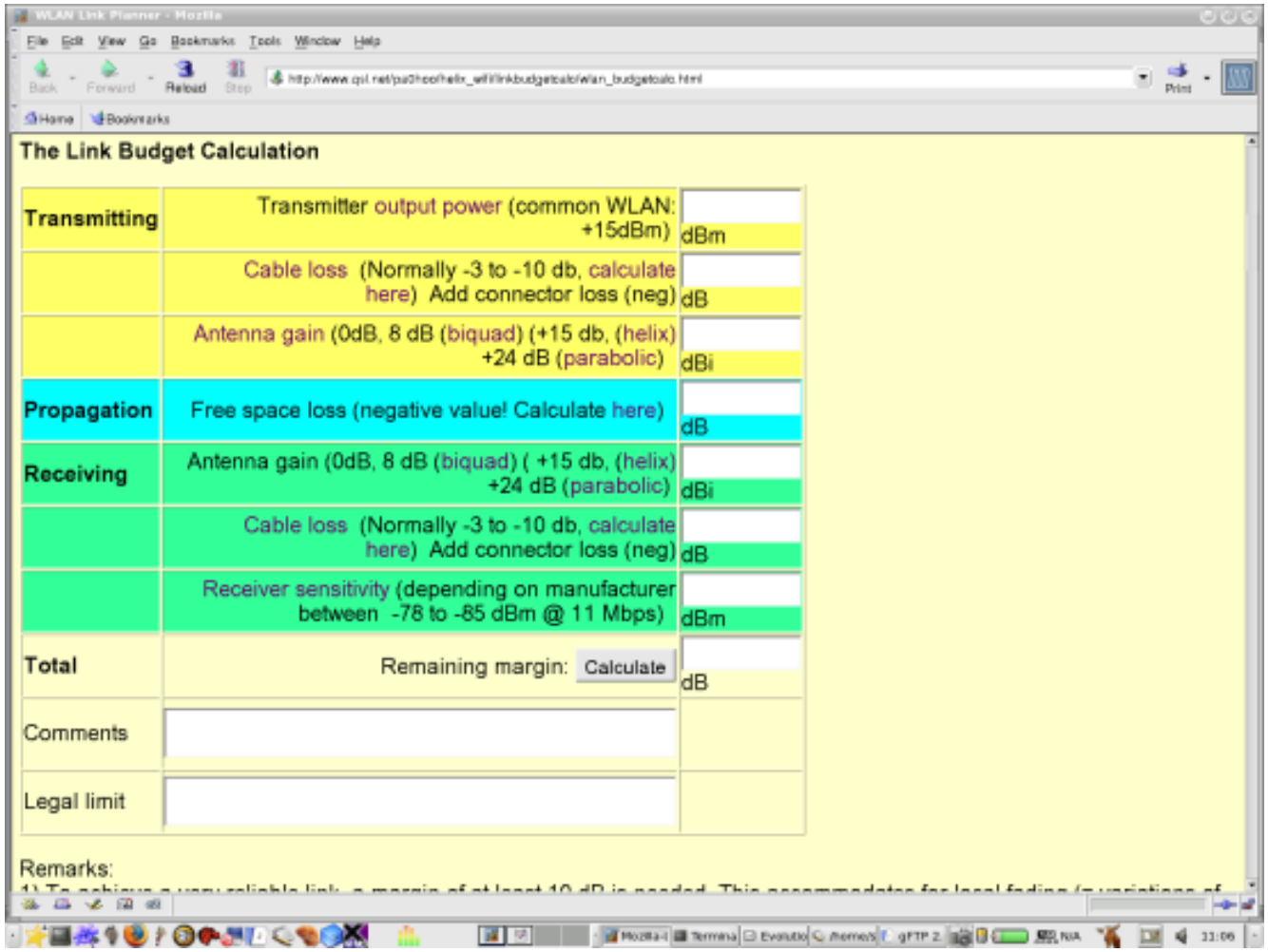


- Gran recurso para verificar cálculos
- No confíe ciegamente en los recursos en línea
  - Pueden cambiar o simplemente "desaparecer"
- **Un ejemplo de herramienta de hoja de cálculo está disponible en esta unidad**

Cálculadores en línea



Cálculadores en línea



Algunas URLs para cálculos



www.google.com/search?hl=en&lr=&q=wireless+link+calculator&l

www.terabeam.com/support/calculations/index.php (ex-YDI.com)

www.qsl.net/n9zia/

www.qsl.net/pa0hoo/helix_wifi/linkbudgetcalc/wlan_budgetcalc.ht

www.zytrax.com/tech/wireless/calc.htm

www.connect802.com/antenna_c_main.php

Algunas URLs para cálculos

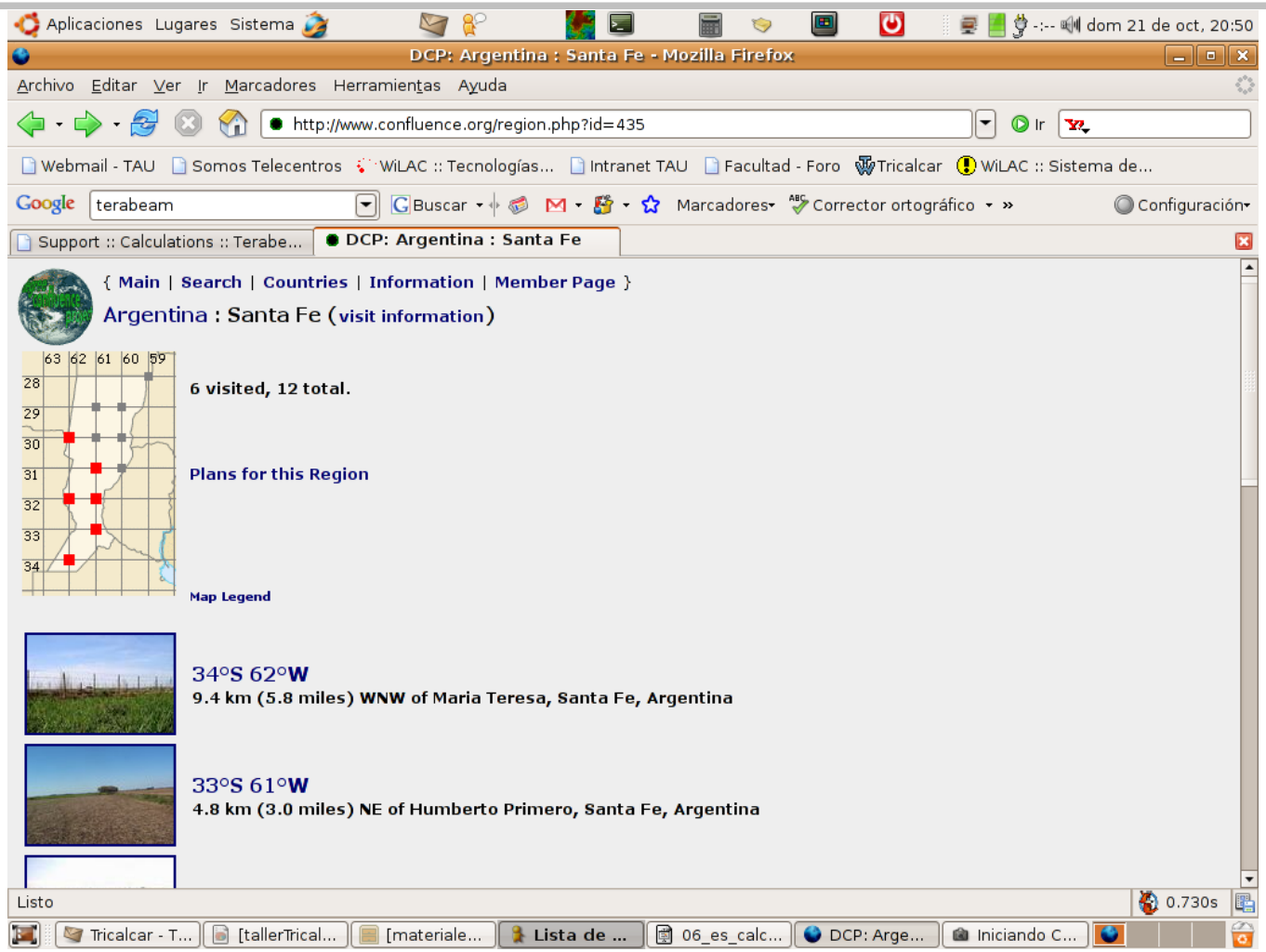


www.connect802.com/literature.htm

my.athenet.net/~multiplx/cgi-bin/tilt.main.cgi

www.it46.se/courses2/wireless/calculator/en/

Confluencias

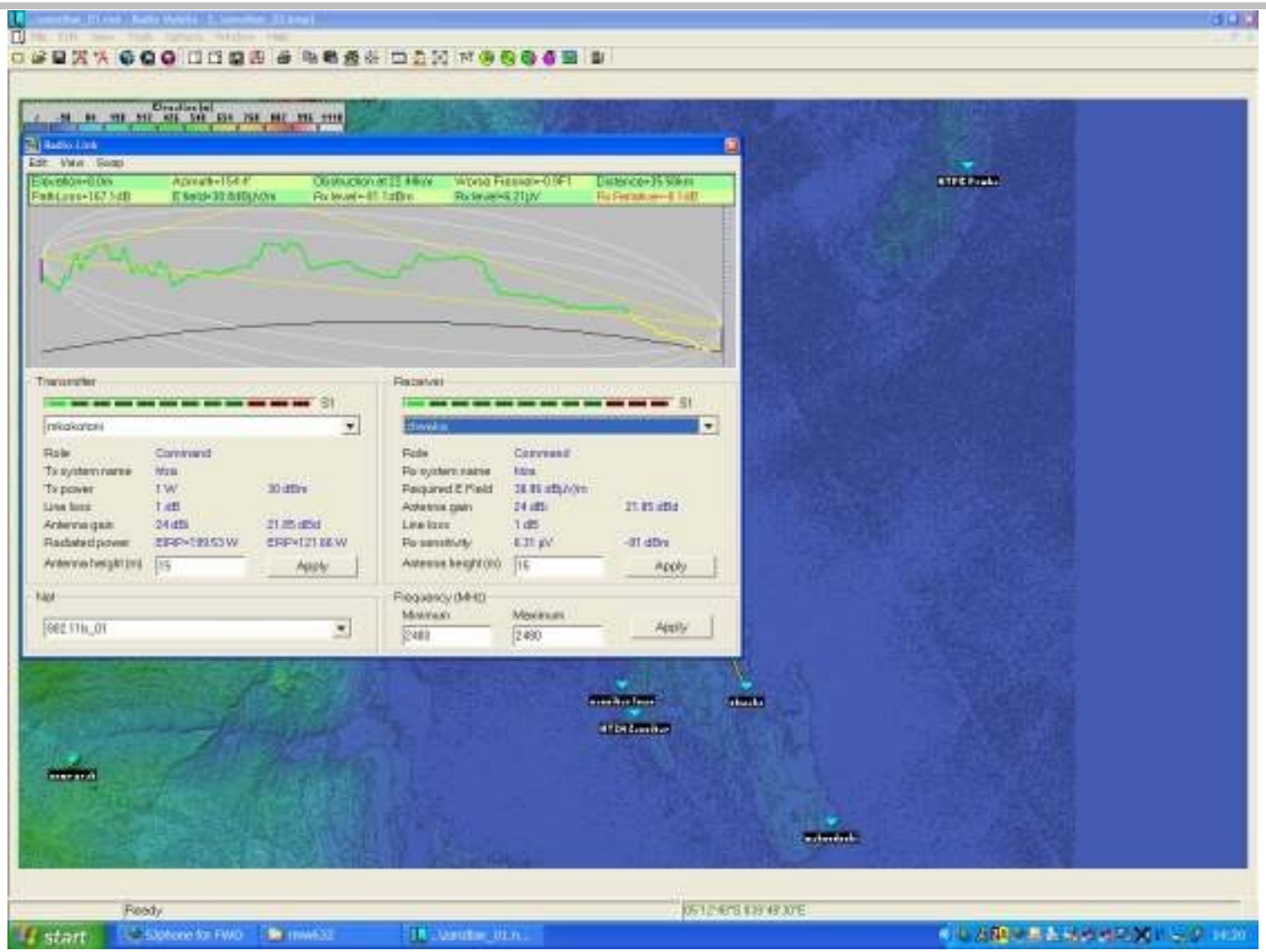


Programa RadioMobile



- Planificación integral de una línea. LOS y cálculos de alcance basados en datos del terreno
- Programa gratis de los radioaficionados
- Para Windows
- Puede usar datos de elevación provenientes de varias fuentes: formatos HGT, DTED, GLOBE, SRTM30, GTOPO, ...
- Puede integrar mapas y fondos, datos GIS
- http://www.cplus.org/rmw/english1.html

Programa RadioMobile



Conclusiones



- *Tener un buen presupuesto de enlace es un requerimiento básico para el buen funcionamiento del mismo*
- *Un presupuesto de enlace de una red inalámbrica es la cuenta de todas las ganancias y pérdidas desde el radio transmisor hacia el receptor*
- *Si ambos extremos no son iguales, calcular en las dos direcciones*

Conclusiones



- *Las pérdidas más grandes del enlace se producen en la propagación en espacio libre debido a la atenuación geométrica de la señal*
- *EIRP o PIRE es un valor que especifica la máxima potencia que está transmitiendo al espacio*

Conclusiones



- *La sensibilidad del receptor es un parámetro que indica el valor mínimo de potencia que se necesita para alcanzar una cierta tasa de bit.*

Unidad 07: **Formatos para la Prospección de Sitios en la Implementración de Redes Inalámbricas**

Autores: *Louise Berthilson, Alberto Escudero Pascual - IT +46*

Traducido por Colnodo

Formato A

El formato **A** es una plantilla general para un estudio de sitio práctico para la implementación de una red inalámbrica en una ciudad o en un poblado.

A. Información General

Ciudad/villa	
Población	
Principal fuente de ingresos	
Idiomas	

B. Clima

Estación	**Meses**	**Temperatura**
Estación de lluvias		
Estación seca		

C. TICs

Telefonía fija	
Operadores Celulares	
Acceso a Internet	
Café Internet, Telecentros	

D. Electricidad

	(horas/dia)	**(época/semana)**
Disponibilidad		
Precio /kWh		
% del pueblo conectado		

E. Infraestructura

Otras fuentes de radio comunicación	
Torres existentes (propietarios)	
Otra infraestructura alta	

Autores: *Louise Berthilson, Alberto Escudero Pascual - IT +46*
Traducido por Colnodo

Formato B

El formato B es una plantilla general para realizar una prospección de sitio práctica de un lugar específico o de un sitio auxiliar para una red inalámbrica.

A. Información de contacto

Organización	
Persona de contacto	
Posición	
Teléfono	
Correo electrónico	

B. TICs

Línea telefónica fija		
Acceso a Internet		
	Tecnología	
	Ancho de banda	
	Costo/mes	

C. Electricidad

Red nacional	
Generador	
Alimentación solar o eólico	
Sistema de batería de reserva	
UPS (SAI)	

D. Entorno local

Distancia al concentrador/repetidor	
Pérdidas al concentrador/repetidor	
Perdidas a otros dispositivos	
Vegetación	

E. Instalaciones locales

Coordenadas	**Lat:**	**Long:**
Altitud		
Altura de la construcción		
Instalación hermética al agua		
Acceso al techo		
Lugar para almacenamiento seguro		
Instalaciones compartidas		

F. Instalación

Lugar exacto de instalación	
Altura requerida del poste/mástil	
Tipo de soportes (abrazaderas)	
Unidad interior/exterior	
Distancia a alimentación	

Unidad 07: Prospección de Sitio

Autores: *Louise Berthilson,Alberto Escudero Pascual - IT +46*

Traducido por Colnodo

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
   1.1 Información sobre propiedad intelectual..... 2
   1.2 Grados de dificultad..... 2
   1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. Estudio de viabilidad..... 3
4. Prospección de la infraestructura física existente..... 4
5. Prospección de la infraestructura técnica existente..... 5
6. Acceso a alimentación/energía..... 6
7. Conectividad a Internet..... 7
8. Conclusiones..... 8
9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 8

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo la misma licencia del trabajo original, la licencia Creative Commons **Atribución-No Comercial- Recíproco 2.5 Suecia** . Para conocer más sobre cómo usar este material y ver los términos completos de esta licencia consulte: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/se/

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Este documento se enfoca en la preparación técnica y práctica de una red inalámbrica a través de la realización de una prospección de sitio.

Realizar una prospección de sitio puede ser útil en varias etapas de un proyecto. Por ejemplo, en la etapa inicial cuando todavía no se ha decidido el lugar en donde se realizará la implementación, es posible hacer una prospección rápida para estimar la viabilidad del proyecto e identificar las posibles ventajas y desventajas del sitio.

Cuando ya se ha decidido el sitio de la implementación, se debería realizar un detallado estudio de sitio tanto práctico como teórico.

3. Estudio de viabilidad

Cuando se ha decidido el sitio de la implementación se debería realizar un *estudio de viabilidad* detallado, el cual incluye una *prospección de sitio*. Ese estudio inicial puede ser desarrollado por usted mismo o contratado a terceros. Si no tiene experiencia suficiente en la construcción de redes inalámbricas podría ser mejor idea conseguir a alguien con más experiencia para que trabaje con usted durante la fase inicial.

Asegúrese de que el consultor (comúnmente llamado "experto") que contrate sea capaz de responder a todas sus preguntas y justificar apropiadamente sus recomendaciones. Tener un "gurú" técnico que le aconseje no es suficiente si usted no puede aprender de él o ella.

También se recomienda tener una persona externa e independiente que pueda revisar los resultados del "experto".

Cerciórese de que el estudio de viabilidad sea presentado a usted o a su organización en una reunión cara a cara. Es buena idea que usted tenga al menos una semana para revisar por adelantado el reporte escrito. Envíe por adelantado sus preguntas o solicitudes de aclaración al consultor/experto.



Asegúrese de que el estudio de viabilidad responda a las cuatro preguntas siguientes:

1. ¿Qué infraestructura física está disponible en el sitio?
2. ¿Qué infraestructura técnica se está usando en el sitio?
3. ¿Dónde está el punto de alimentación/energía más cercano al sitio?
   ¿Dónde está el punto de acceso a internet más cercano al sitio?.

Esas cuatro preguntas tendrán un gran impacto en el *costo* final de la implementación de la red inalámbrica. Cada una de ellas será discutida cuidadosamente más adelante.



Algunos factores adicionales de importancia en el pre-estudio son:

- Condiciones de clima en el sitio (temperatura, nivel de lluvias, truenos, humedad)
- Tipo de terreno (arena, suelo, piedras)
- Población (escasa o densamente poblada)
- Acceso a vías de transporte
- Legislación sobre radio/torres, frecuencias y potencias de transmisión
- Condiciones para importación de equipos
- Disponibilidad local de antenas, cables y conectores

4. Prospección de la infraestructura física existente

Para poder evaluar las opciones de topologías de red conveniente para su implementación, comience por estudiar la infraestructura física disponible en el sitio en términos de mástiles, torres o construcciones altas existentes. Pregunte por mapas disponibles y actualizados del área para hacer un estudio teórico antes de hacer la visita en sitio. Intente estimar la altura de las construcciones pues esa información será de utilidad después si decide hacer simulaciones de radio de la red. Si es posible, tome las coordenadas GPS de la infraestructura útil. Mayor información conseguida por adelantado significa mejores posibilidades de hacer algo útil cuando vaya al sitio.

Si los mástiles y torres ya existen, podría haber la posibilidad de compartir las locaciones con otros operadores lo que sería mejor que construir su propia torre. Si el sitio se encuentra localizado en una área densamente poblada, podría ser que los reguladores no le permitan establecer una nueva torre, debido a ciertas regulaciones en áreas pobladas.

La solución más práctica siempre es usar una terraza existente que satisfaga las necesidades de su implementación. Trabajar sobre una edificación implica facilidades para el mantenimiento del equipo y ninguna necesidad de mantenimiento de grandes mástiles o torres. Si no hay torres o terrazas disponibles en el sitio, debe considerar construir la infraestructura necesaria por usted mismo.



La prospección de sitio es una importante tarea de “ingeniería social”, usted debe identificar a las *personas clave* que pueden ayudarle a establecer la infraestructura y ganar su confianza. No olvide mantener grabados los nombres de todas las personas con las que habló durante su investigación para la prospección de sitio.

Durante la visita en sitio hay varias cosas que debería investigar:

- Si existen muchos sitios posibles, realice un estudio en esos lugares haciendo mediciones relevantes con equipos portátiles de redes inalámbricas (WLAN) utilizando Netstumbler (Win32), Wavemon (Linux) u otro software similar.
- Se debe medir la distancia a otro(s) punto(s) de manera que se pueda realizar un *presupuesto del enlace (link budget)* apropiado antes de comenzar a pedir y comprar equipos.



- La distancia puede ser medida tanto usando equipos GPS (preferible) así como con un mapa con *escala* actualizado y exacto. Si ninguna de las dos opciones está disponible, se puede medir la distancia manualmente en un carro o bicicleta equipados con un "odómetro".
- Llevar binoculares para realizar pruebas de línea de vista con el otro extremo y una cámara digital para documentar el sitio.
- Usar una lámpara de destello o una antorcha para comunicarse con el otro nodo.
- Llevar ropa/zapatos/guantes adecuados y agua fresca.
- Llevar cinta métrica, cuerda larga y delgada, equipo para escalar (incluyendo casco).
- Cuando mida distancias intente imaginar la ruta que los cables van a tomar para obtener figuras exactas.
- ¡Sea pesimista! Es mejor tener 5 metros extra de cable a que falte un metro en la cima de una torre de 40 metros de altura.

5. Prospección de la infraestructura técnica existente

Si existe cualquier tipo de infraestructura técnica en el sitio donde desea implementar el enlace, empiece por contactar a sus nuevos vecinos para obtener la información necesaria acerca de su equipo de manera que usted pueda planear su proyecto sin interferencia. Discuta también las posibilidades de compartir locaciones con ellos.



A continuación, otra información que debería obtener:

- Infraestructura inalámbrica existente
- Antenas y cables existentes
- Disposición de la red IP (si va a compartir la infraestructura IP)
- Descripción de otros equipos en el sitio (tome fotos de todas las etiquetas/especificaciones)
- Frecuencias/Canales.
- Potencia de radio

6. Acceso a alimentación/energía

Por supuesto, el acceso a electricidad en el sitio es vital. Para asegurar la estabilidad de su servicio, la fuente de electricidad también debe ser confiable. En países con frecuentes cortes de energía y fluctuaciones de frecuencia, el uso de SAI (UPS) es obligatorio para todos los equipos conectados a la red eléctrica.

Si el equipo va a ser montado en una terraza, alimentarlo con electricidad no sería muy complicado. Pero, si su torre debe estar muy lejos de la red de energía más cercana, usted podría tener que trabajar un poco más duro.

Si la distancia a la red eléctrica más cercana no es muy grande y la red es razonablemente confiable, usted debería solicitar permiso a la compañía de energía para enganchar su sistema a la red utilizando un cable de extensión. La conexión a la red debería ser realizada por la misma compañía de energía.

Si la distancia a la red es demasiado larga, o por alguna razón no es posible colocar un cable de extensión, usted debería considerar otra fuente de energía como el viento o paneles solares.

Si la red nacional de energía aún no está presente en el lugar de la implementación, la electricidad por viento o solar es su única opción.

En cualquier ubicación cercana al ecuador, los paneles solares son ideales para equipos inalámbricos en torres y mástiles. Los costos iniciales son relativamente altos, pero la solución estable, requiere bajo mantenimiento y tiene un largo tiempo de vida (más de 20 años).

Cuando haga el presupuesto para energía no sólo debería presupuestar los equipos (paneles solares, baterías, molinos de viento, diesel) sino también los costos de instalación, transporte y del mantenimiento anual.

7. Conectividad a Internet

En la mayoría de los casos usted deberá contar con una fuente de acceso a Internet en el lugar exacto donde se localizarán los equipos inalámbricos. Eso implica que debe llevar la conexión a Internet desde algún lugar, a la **localización** física de su equipo inalámbrico.

Evitar, si es posible, usar otro enlace inalámbrico en la cima de una torre o terraza (su *backbone* inalámbrico). Tener un enlace inalámbrico adicional puede tener serias implicaciones en el funcionamiento final del enlace inalámbrico principal.



Pero cuando sea necesario se debe utilizar otra banda de frecuencia, o al menos otro canal.

1. Reservar una sola frecuencia/canal para enlazar su red a Internet
2. Conectar Internet a su backbone (dorsal) inalámbrico a través de cable

Cuando conecte Internet a su red inalámbrica trate de evitar cualquier posible cuello de botella en el tráfico. Para esto considere el uso de fibra óptica o par trenzado.

Si necesita colocar cables, estos pueden ser subterráneos o aéreos. Usted debe definir qué es lo más conveniente en términos de costos vs. confiabilidad.

Cuando el cable (cobre o fibra) está enterrado o instalado sobre el suelo, debe ser protegido de su entorno en lo referente a clima y animales. Los principales enemigos de los cables son las ratas y sin una adecuada protección de PVC, pronto el cable estará dañado. Los tubos de PVC se pueden enterrar o dejar sobre el suelo. Al conseguir tubos de PVC, asegúrese de que su compra se adecua a su implementación ya que hay muchos tipos diferentes de tubos en el mercado dependiendo del clima, profundidad y otros parámetros. Los tubos de PVC también deben estar conectados apropiadamente unos a otros (con pegamento) de manera que la construcción sea hermética. Usted puede cerciorarse de que la conexión esté ajustada realizando una prueba de humo. La fibra por sí sola no es vulnerable al agua, pero si el agua se introduce en los tubos de PVC, las raíces de los árboles circundantes pueden comenzar a crecer alrededor del tubo lo cual, eventualmente, puede causar que se rompa (incluyendo la fibra) cuando las raíces se tornen más fuertes.



- Apunte siempre a tener una conexión de fibra o cobre entre el enlace a la red (*uplink*) y el backbone, puesto que un enlace inalámbrico podría afectar negativamente el rendimiento total.
- Proteja la fibra/cobre con tubos de PVC o algo similar para extender su tiempo de vida.
- Piense en la temperatura, animales y ladrones.

8. Conclusiones

Los cuatro asuntos principales que debería recordar de esta unidad, se pueden resumir como sigue:

1. Antes de manejar cualquier aspecto del presupuesto, la prospección de sitio es una parte muy importante de cualquier planeación de una red inalámbrica.
2. Todo el trabajo que se realiza durante la prospección de sitio es trabajo que será de utilidad en el futuro.
3. No subestime los aspectos que no se relacionan específicamente con tecnología inalámbrica.
4. Use una plantilla preparada por adelantado de manera que no pierda ninguna información.

9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-NoComercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 abril 2007. Traducción de Colnodo.

Unidad 07



Prospección de sitio para la implementación de Redes Inalámbricas

Desarrollado por Alberto Escudero-Pascual y Louise Berthilson / IT+46

Revisado y ampliado por Javier Triviño

Objetivos



- Comprender que una prospección de sitio detallada y realista es la clave del proyecto
- Comprender que la prospección de sitio define las bases del proyecto
- Aprender a ver las cosas no obvias

Tabla de Contenidos

- Estudio de viabilidad
- Infraestructura física existente
- Equipo para llevar
- Infraestructura técnica existente
- Acceso a energía/alimentación
- Conexión a Internet

Estudio de Viabilidad



- ¿Cuál es la infraestructura física disponible en el sitio?
- ¿Cuál es la infraestructura técnica existente en el sitio?
- ¿Dónde está el punto de presencia de energía eléctrica más próximo al sitio?
- ¿Dónde está el punto de conexión a Internet más cercano al sitio?

Estudio de Viabilidad



- ¿Cuáles son las condiciones climáticas y cómo es el terreno?
- ¿Qué tan accesible es el transporte?
- ¿Cuál es la legislación existente en el país con respecto a radio y torres?

Infraestructura física existente

- Identificar los sitios convenientes para el backbone
- Mástiles, torres, tanques de agua
- Tome medidas para simulación
- Locaciones, altura y distancia



Equipo para llevar



- Teléfono & Radio de dos vías
- Mapa a escala de la zona
- Regla de medida
- Telescopio, binóculo y brújula
- Altímetro de presición
- Espejo o una luz potente
- Globo de helio y cinta metálica
- Laptop
- Analizador de espectro y antena externa de prueba
- Cámara digital
- Linterna, radios

Equipo para llevar

- Si va a subir una torre lleve el arnés de seguridad, cascos y guantes
- Permiso para acceder a la azotea y permiso para subir la torre no olvide el teléfono de la persona autorizada
- Averiguar quien tiene la llave de la azotea o techo
- Escaleras
- Chequear la disponibilidad de energía eléctrica, pararrayos y puesta a tierra



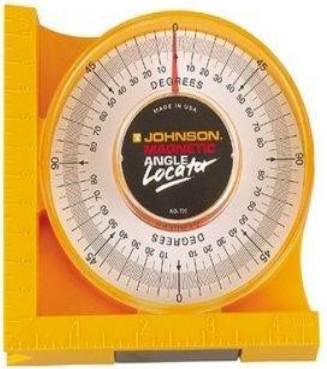
No olvide:


Herramientas para
prospección
De sitios (Site Survey)
LUGARES DE INTERES
CONVENCIONES
CARTA
GEOGRAFICA Y TURISTICA
DE LA REGION DE
VILLA DE LEYVA
BOYACA - COLOMBIA

Instrumentos:













Infraestructura técnica existente

- Infraestructura inalámbrica existente
- Antenas y cables existentes
- Otros equipos en el sitio
- Frecuencias/canales
- Potencia de radio(s)
- Espacio de trabajo en la torre
- Normas de instalación (si existen)
- Sistemas puesta a tierra



Acceso a alimentación/energía

- Distancia a la red eléctrica más cercana
- Alternativas para usar energías alternas como paneles solares y energía eólica:
  - Transporte e instalación
  - Costos de mantenimiento anual
- Posibilidad para instalar:
  - Baterías
  - Inversores
  - UPS
  - Racks



Conectividad a Internet



- ¿Cómo llevará Internet al sitio?
- Alternativas comunes (La Ultima Milla):
  - Comunicaciones satelitales
  - Enlaces inalámbricos
  - ADSL, ADSL2
  - CDMA
  - GPRS
  - Enlaces WiFi 802.11 a/b/g

¿Cómo conectar el Backbone Inalámbrico?



- Cableado vs. Inalámbrico
  - Precio vs. rendimiento
- Fibra óptica o par trenzado
  - Protección (PVC)
  - Hermeticidad al agua

Conclusiones



- Una prospección de sitio detallada es la **clave** para hacer una **plan de implementación** bueno y realista
- Hacer **contactos locales** permite contar con personas involucradas
- **Tome notas** de todo, su memoria no será suficiente
- Asuma/**planee para lo peor** pero espere lo mejor



Unidad 08: Antenas y Cables

Desarrolla dor: *Alberto Escudero Pascual, IT +46*

Actualizado por: *Jose F. Torres M. y Ermanno Pietrosemoli*

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 3
1.1 Información de derecho de autor..... 3
1.2 Grado de la dificultad..... 3
1.3 Información sobre los iconos..... 3
2. Introducción..... 3
3. ¿Qué es una antena?..... 4
3.1 Características fundamentales..... 4
3.2 Características de las Antenas..... 5
3.3 Ganancia de antena..... 5
3.4 Diagrama de radiación..... 6
3.5 Ancho del haz (beamwidth)..... 9
3.6 Impedancia de entrada..... 9
3.7 Polarización de la antena..... 10
3.7.1 Polarización Vertical..... 11
3.7.2 Polarización Horizontal..... 11
3.7.3 Polarización Elíptica 12
3.7.4 Polarización cruzada..... 12
3.8 Otras características de las antenas 12
3.8.1 Cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero..... 12
3.8.2 Pérdida de retorno..... 12
3.8.3 Ancho de banda..... 13
4. Tipos de antenas..... 13
4.1 Dipolo de media onda..... 13
4.2 Dipolo doblado 14
4.3 Monopolo 15
4.4 Antena Yagi-Uda..... 15
4.5 Log-Periódica 17
4.6 Antena loop o de lazo 18
4.7 Antenas Omni-direccionales..... 19
4.8 Antenas Sectoriales..... 20
4.9 Reflector parabólico..... 21

4.10 Antena Plana o “Patch” 22
4.11 Antena guía-onda 24
4.12 Antena helicoidal 25
4.13 Antena de ranura 25
5. Aislamiento de antena 26
5.1 Aislamiento vertical 26
5.2 Aislamiento horizontal 27
6. Conectores para cable coaxial 28
7. Divisores/Combinadores de Potencia 29
8. Pérdidas de trayectoria 30
9. Pérdidas en Cables y conectores 30
9.1 Cable coaxial 31
9.2 Pérdidas en el cable 31
9.3 Pigtails 33
10. Conclusiones 34
11. Ejercicio de antenas 35
12. Glosario de Antenas 36
13. Recursos Adicionales 38
13.1 En Línea 38
13.2 En Papel 39

1. Sobre este documento

Estos materiales son parte del Paquete de Materiales Multimedia de ItrainOnline (MMTK). El MMTK provee un conjunto de recursos y materiales multimedia integrados para servir de soporte a la comunidad, centros comunitarios multimedia, telecentros y otras iniciativas que utilizan Tecnologías para la Información y Comunicación (TICs) para lograr el repotenciamiento de las comunidades y soportar trabajos en temas de desarrollo.

1.1 Información de derecho de autor

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica

Para ver los términos completos de esta licencia:

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de la dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “Básico” con algunas partes adicionales consideradas “Avanzadas”. Todas las secciones “avanzadas” están dentro de un recuadro de fondo gris, para indicarle al lector el grado de dificultad del contenido.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Esta unidad cubre antenas y cables, dos componentes pasivos que están involucrado en el diseño de cualquier red de datos inalámbrica. La unidad ha sido orientada a la familia de estándares IEEE 802.11, pero los principios generales de antena pueden ser aplicados a cualquier otra tecnología de datos inalámbrica.

Antes de hablar de "Antenas y Cables" en detalle, encontramos necesario recordar algunos de los conceptos presentados en "Física de radio". En particular recordar que la longitud de onda

$$\lambda = c/f, \quad \text{donde } c = 300.000 \text{ km/s en el vacío}$$

3. ¿Qué es una antena?



La antena es el dispositivo físico que sirve de interfaz entre las ondas electromagnéticas guiadas por el cable o la guía-onda y el espacio libre o el aire.

Existe una gran cantidad de maneras de lograr la transferencia de energía desde el alimentador al espacio por lo que las antenas pueden ser físicamente muy diversas. Por ejemplo, hay antenas formadas por lentes que enfocan la radiación en una particular región del espacio, antenas formadas por ranuras en una guía de ondas, etc., pero las antenas más populares están formadas por elementos metálicos con una geometría especial en función de la frecuencia de operación.

3.1 Características fundamentales

La antena debe transferir la máxima cantidad de energía desde el cable o guía-onda procedente del transmisor hacia la dirección donde se encontrará la estación receptora correspondiente.

Para ello, la impedancia característica de la antena debe acoplarse a la impedancia del cable o guía-onda a la cual está conectada.

Los cables coaxiales se producen con impedancias de 50 o 75 ohmios. En televisión se utiliza frecuentemente el valor de 75 ohmios, pero en todas las demás aplicaciones el valor predominante es de 50 ohmios y es el que utilizaremos en esta unidad.

Cuando la impedancia de la antena es diferente a la de la guía-onda o cable que la alimenta, parte de la energía entregada a la antena se reflejará hacia el alimentador donde puede inclusive causar daños en el transmisor. En todo caso disminuye la cantidad de energía disponible para la comunicación, por lo que es necesario siempre esmerarse para lograr que la impedencia del alimentador se acople a la de la antena.

Las pérdidas por desacoplamiento de impedancia son fácilmente calculables.



Un aspecto fundamental de las antenas es el principio de reciprocidad, que establece que el comportamiento de la antena en transmisión es idéntico al comportamiento de la antena en recepción. Esto permite enfocar nuestras ideas hacia la transmisión o recepción, según sea más fácil, y luego extender el concepto hacia el comportamiento recíproco.Así, una antena que transmita máxima señal en una dirección dada, también recibirá máxima señal en esa dirección.

3.2 Características de las Antenas

Entre las principales características de las antenas podemos encontrar:

- Ganancia de la antena
- Diagrama de radiación o patrón de radiación
- Ancho del haz
- Impedancia de entrada
- Polarización
- Otras características, entre las cuales se encuentra el cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero o " Front to back ratio", la Pérdida de retorno y el Ancho de banda

3.3 Ganancia de antena

Para comprender la ideas de ganancia de las antenas primero debemos entender un concepto básico:



***Abtena Isotrópica:** Es la que irradia (o recibe) desde todas las direcciones con la misma intensidad. Aunque es físicamente irrealizable, el concepto de antena isotrópica se utiliza como modelo de comparación con las antenas reales. Como irradia con igual eficacia en todas direcciones, decimos que su diagrama o patrón de radiación es una esfera.*

Un ejemplo de lo que se aproxima a una antena isotrópica es la luz producida por un bombillo, que se proyecta en todas direcciones con la misma intensidad, excepto en la base del bombillo.

Definimos a la ganancia de una antena dada como el cociente entre la cantidad de energía irradiada en la dirección preferencial y la que irradiaría una antena isotrópica alimentada por el mismo transmisor. Este número lo expresamos en decibelios con relación a la isotrópica y por ende se denota en dBi.

Las antenas inalámbricas no son diseñadas para difundir la energía en todas direcciones en cambio se diseñan para dirigir la señal total de radio en el área a la cual aspiramos a proveer de cobertura. La ganancia de antena es una manera de medir cuán directiva es una antena, en comparación con una antena isotropita. Entre más grande sea la ganancia de una antena, esta es más directiva y el haz de radio es mas angosto.

Es muy importante entender que las antenas son elementos pasivos que no amplifican la señal de radio. Las antenas sólo concentran la señal en la cierta dirección. Cuando se usa como transmisora la antena es responsable de dirigir la potencia del radiotransmisor en la cierta dirección; cuando actúa como receptora la antena colecta la potencia de radio que le envió el receptor.



Aunque las antenas son elementos pasivos y no proveen ninguna amplificación , desde el punto de vista de nuestros cálculos en el presupuesto del enlace de radio, son consideradas como un "Ganancia" de la señal de radio.

Si una antena tiene un ganancia de 3 dBi en cierta dirección, quiere decir que la potencia transmitida o recibida en esa dirección es equivalente a la potencia que será transmitida o recibida por una antena isótropica que usa doble de la potencia en el radiotransmisor.

La ganancia de una antena es el producto de la **directividad** (determinada exclusivamente por factores geométricos) y la eficiencia de la antena, que depende del material de la que está construída y de las imperfecciones de manufactura. La **eficiencia** de la antena se suele expresar con la letra griega eta y varía normalmente entre 40 y 60%.

Algunas veces la ganancia de las antenas es expresada en dBd. En tal caso la antena de referencia es una antena de dipolo (dipole). Una antena dipolo tiene un ganancia de 2.14 dBi comparado con una antena isótropica. Por ello, si la ganancia de una antena dada se expresa en dBd resultará en un valor inferior en 2,14 dB respecto a la ganancia de la misma antena expresada en dBi.

Gananancia en dBd = Ganancncia en dBi - 2,1

3.4 Diagrama de radiación

El diagrama de radiación o patrón de radiación es una gráfica de la potencia de la señal trasmitida en función del ángulo espacial, en ellos podemos apreciar la ubicación de los lóbulos laterales y traseros, los puntos en los cuales no se irradia potencia (NULOS) y adicionalmente los puntos de media potencia.

Los diseñadores de antenas se esmeran por reducir al mínimo los lóbulos secundarios, laterales y traseros ya que generalmente son perjudiciales, esto se logra mediante la modificación de la geometría de la antena. Desde el punto de vista formal, el campo electromagnético producido por una antena a gran distancia corresponde a la transformada de Fourier en dos dimensiones de la distribución de cargas eléctricas en la antena.

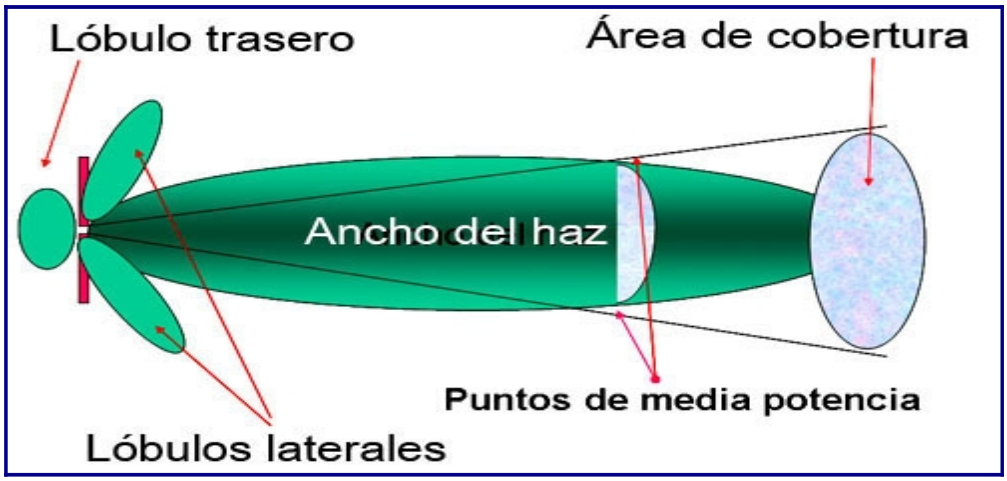
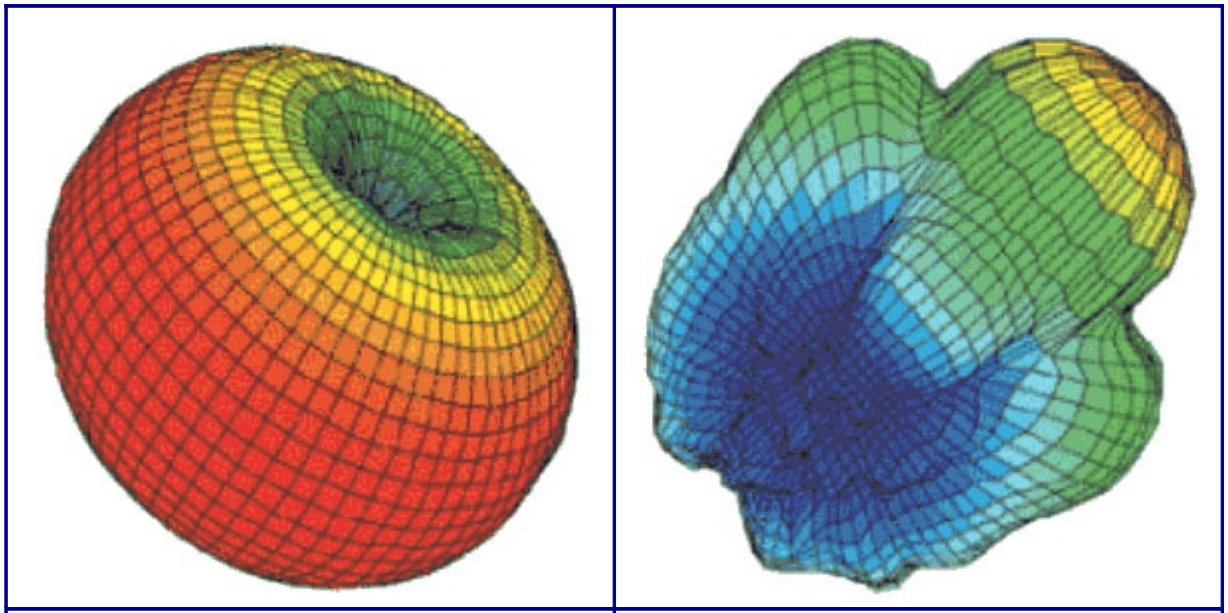


Figura 1: Diagrama de radiación

Los diagramas de radiación son volúmenes y como tal se representan en forma tridimensional, en la siguiente figura podemos ver dos diagramas de radiación, en la misma observamos que se ha representado la intensidad mínima por el color rojo y la máxima con el color azul.



a) Un Dipolo	**b)** Antena de bocina (horn) estándar

Figura 2: Diagrama de radiación Tridimensional

Normalmente los diagramas de radiación se representan de forma bi-dimensional en dos planos, el vertical y el horizontal, estos planos son presentados en coordenadas rectangulares o en coordenadas polares como se muestra a continuación:

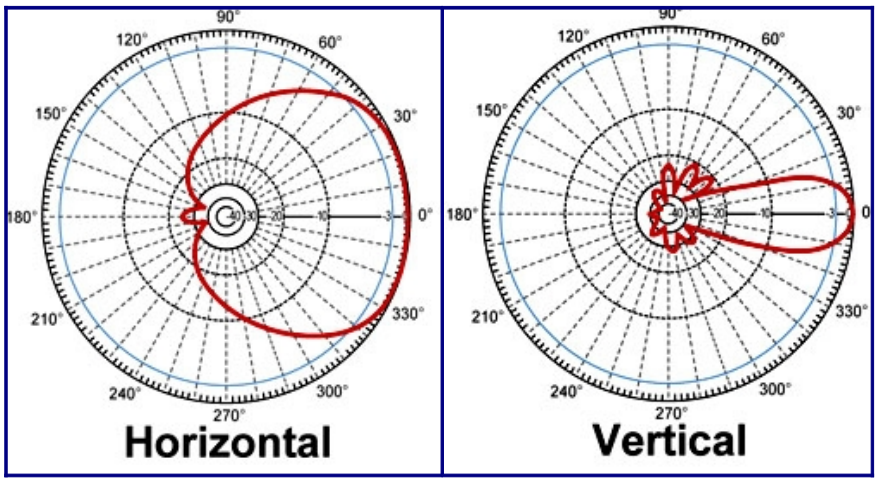


Figura 3: Representación de un diagrama de radiación en coordenadas polares

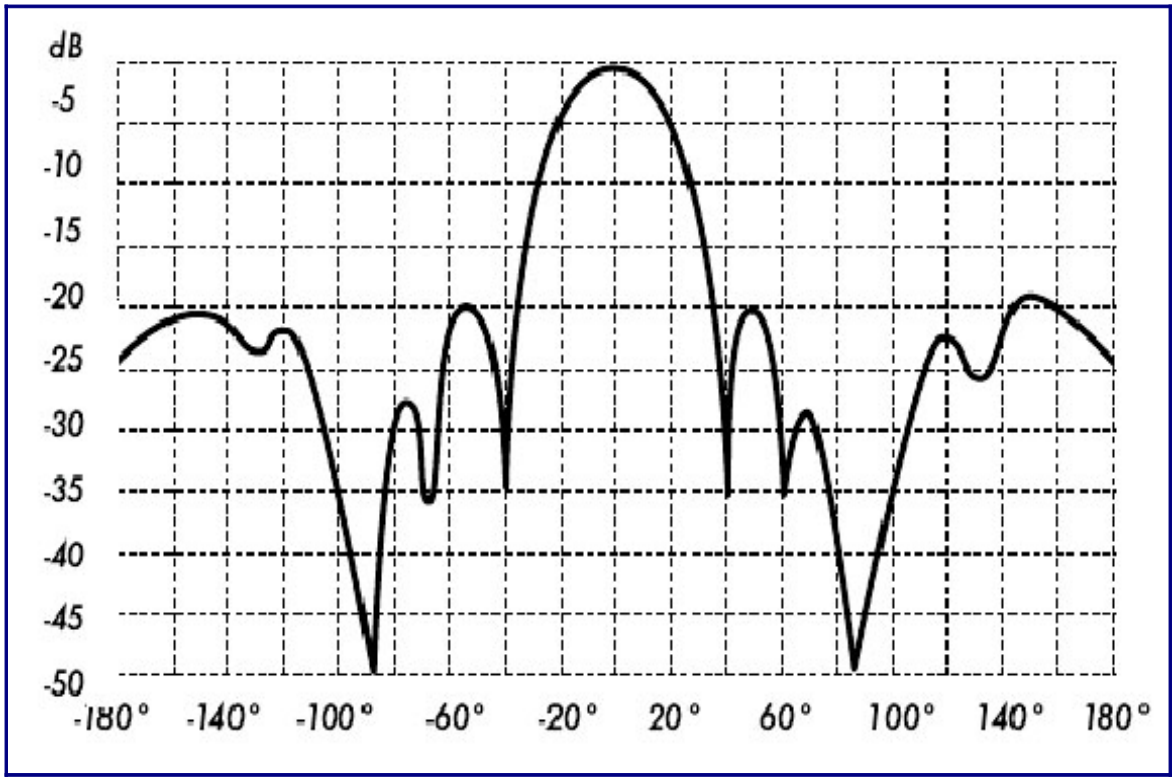


Figura 4: Representación de un diagrama de radiación de una antena Yagi en coordenadas rectangulares. (Fuente: wndw-es-ebook)

3.5 Ancho del haz (beamwidth)

El ancho del haz (beamwidth) es el ángulo subtendido por la radiación emitida entre los puntos en que la potencia disminuye a la mitad, (3 dB) respecto a la radiación máxima

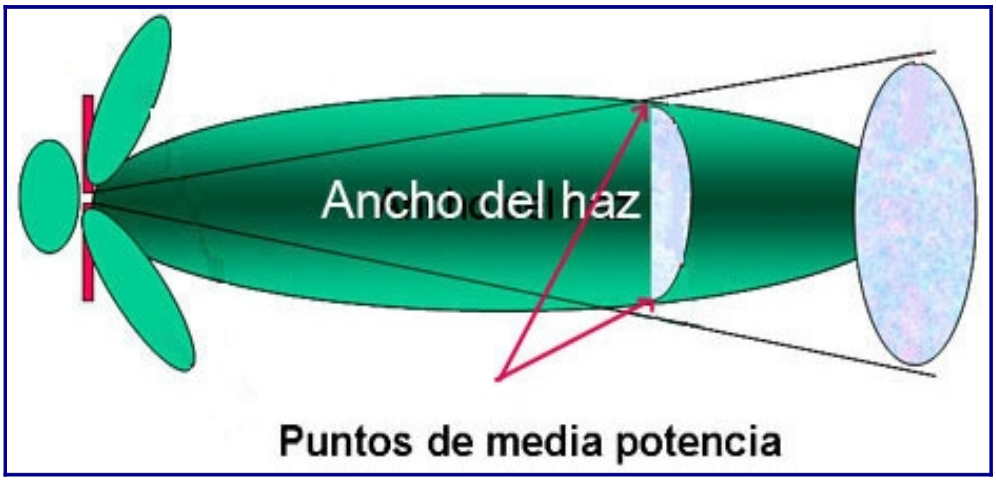


Figura 5: Puntos de media potencia en un diagrama de radiación

Usando el diagrama de radiación en la figura 5 anterior, podemos determinar la cobertura espacial donde la antena ofrece buena cobertura. El ángulo entre los puntos de media potencia es conocido como **ancho del haz** o "beamwidth" en inglés y se define tanto para el plano horizontal como para el plano vertical. Sólo en el caso de una antena con simetría circular perfecta ambos ángulos son iguales.

Existe una relación inversa entre la ganancia y la extensión de la cobertura: una antena de alta ganancia tendrá una anchura de haz muy pequeña

3.6 Impedancia de entrada

Es el cociente entre el voltaje aplicado a los terminales de entrada y la corriente resultante. En general tiene una parte resistiva y una parte reactiva

Para máxima transferencia de potencia la impedancia de la antena debe estar acoplada a la de la línea de transmisión que la alimenta. La calidad del acoplamiento se mide en términos de la relación de onda estacionaria, VSWR (Voltage Standing Wave Ratio).

Idealmente debería ser la unidad, cuando las impedancias son exactamente iguales.

Cuando excede de 2 empieza a haber problemas, Si es mayor que 3 el transmisor sufre peligro y estamos desperdiciando mucha potencia.

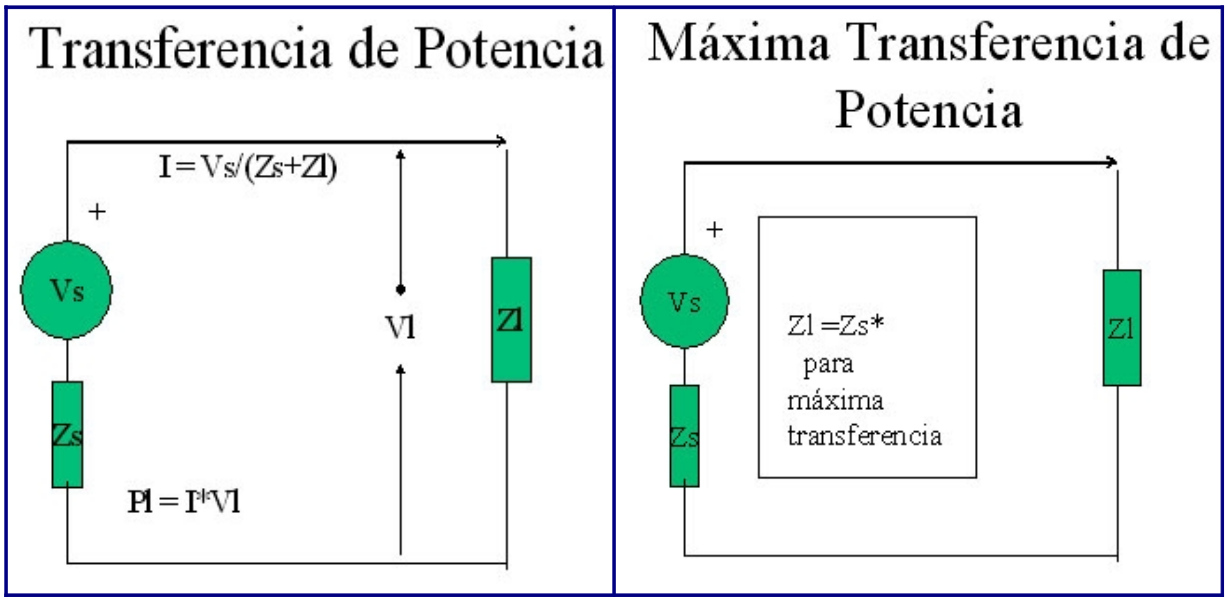


Figura 6: Transferencia de potencia desde una fuente a la carga. En nuestro caso la fuente es el transmisor y la carga la antena.

- La estacionaria se mide con un vatímetro que permita medir tanto la potencia incidente como la reflejada, o con un analizador de espectros dotado de generador de barrido y acoplador de señales.
- VSWR= (Pi+Pr)/(Pi-Pr)

  donde **Pi** es la potencia Incidente y **Pr** es la potencia reflejada
- La impedancia que ve el TX debe ser igual a su impedancia de salida, de otra manera se produce una onda reflejada que no sólo disminuye la señal efectivamente irradiada, sino que puede llegar a dañar al TX si es muy elevada.

3.7 Polarización de la antena

Una onda electromagnética está formada por campos eléctricos y magnéticos íntimamente ligados que se propagan en el espacio. La dirección del campo eléctrico se corresponde con la polarización de esta onda.



La polarización de una antena corresponde a la dirección del campo eléctrico emitido por una antena. Esta polarización puede ser: ***Vertical, Horizontal y Elíptica, Circular*** *(Hacia la derecha o hacia la izquierda)*

3.7.1 Polarización Vertical

Si el campo eléctrico permanece en la dirección vertical durante toda la trayectoria de una onda decimos que tiene polarización vertical, para un dipolo el movimiento de los electrones dentro del alambre responde al campo eléctrico y por lo tanto define la polarización.

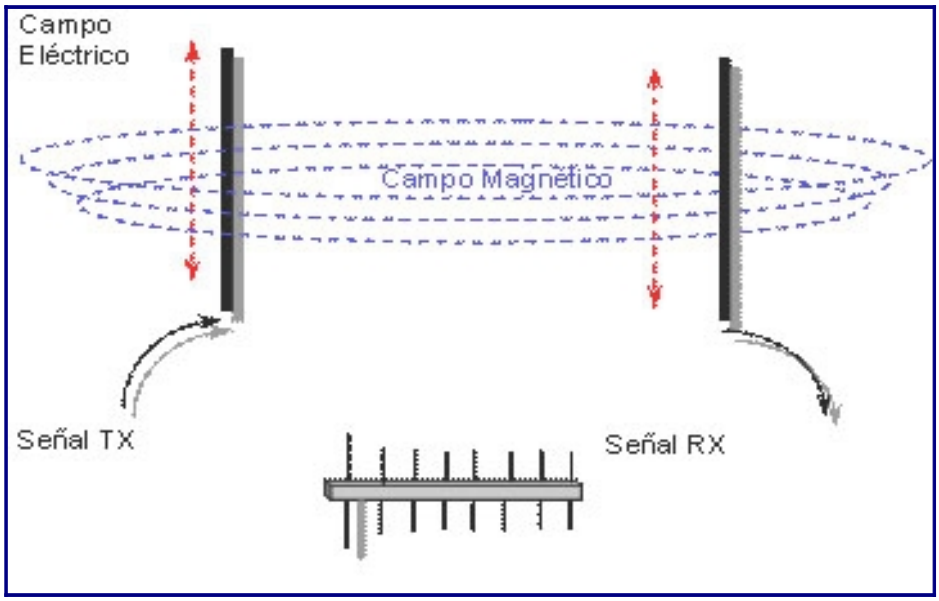


Figura 7: polarización Vertical

3.7.2 Polarización Horizontal

Si colocamos el alambre horizontalmente, tendremos polarización horizontal.

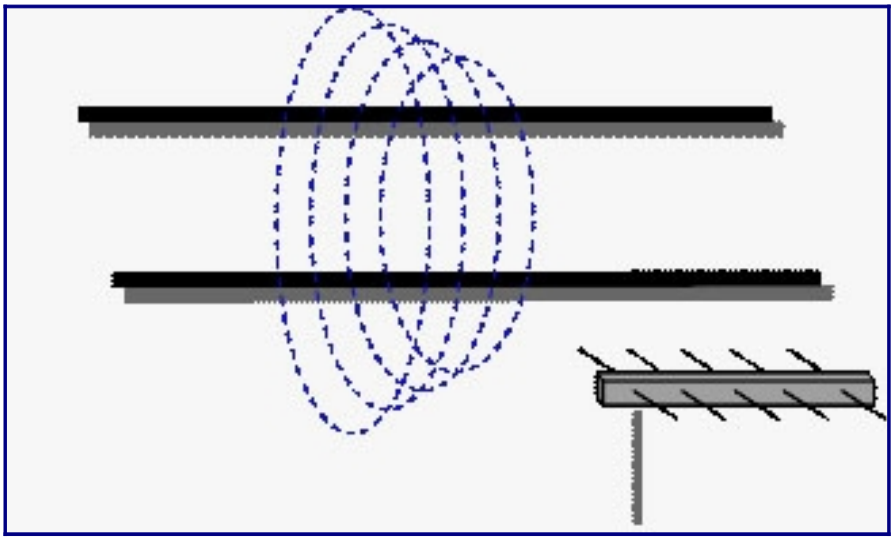


Figura 8: polarización Horizontal

3.7.3 Polarización Elíptica

La polarización elíptica se produce cuando cuando el campo eléctrico va girando en el plano perpendicular a la dirección de propagación, como un sacacorchos. Tiene ciertas ventajas en transmisión satelital y es la polarización producida por antenas helicoidales.

Un caso particular de la polarización eliptica es la polarización circular la cual puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda.



En general, se puede emplear cualquier tipo de polarización, lo importante es que ambos extremos de un enlace utilicen el mismo tipo de polarización. En polarización elíptica deben tener el mismo sentido de giro.

3.7.4 Polarización cruzada

No importa qué polarización usted escoja, todas las antenas deben tener la misma polarización si pertenecen a la misma red de RF. La polarización cruzada tiene lugar cuando un extremo del enlace tiene polarización diferente del otro extremo. La polarización cruzada implica una pérdida de señal que puede alcanaza 20 decibeles.

Esto se puede aprovechar para que dos señales a la misma frecuencia compartan un mismo espaciuo geográfico, diferenciándose en la polarización.

3.8 Otras características de las antenas

3.8.1 Cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero

El “front to back ratio”, o cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero. Generalmente es expresado en dB. Es relevante cuando se utilizan repetidores para aumentar el alcance de un enlace, donde se quiere minimizar la potencia irradiada hacia atrás.

3.8.2 Pérdida de retorno

La pérdida de retorno es una forma de expresar la desadaptación de impedancias. Es una medida logarítmica expresada en dB, que compara la potencia reflejada por la antena con la potencia entregada por el transmisor.

Siempre existe cierta cantidad de energía que va a ser reflejada hacia el transmisor, pero una pérdida de retorno elevada implica un funcionamiento inadecuado de la antena.

3.8.3 Ancho de banda

El ancho de banda de una antena es el rango de frecuencias en el cual la misma puede operar satisfaciendo ciertos criterio, por ejemplo la gama de frecuencias para la cual la antena va a tener una Razón de Onda Estacionaria (SWVR) menor que 2:1.

4. Tipos de antenas

Una clasificación de las antenas puede basarse en:

- Frecuencia y tamaño.
- Directividad.
- Construcción física.
- Tipo de aplicación

A continuación describiremos en brevedad los siguientes tipos de antena:

- Dipolo de media onda.
- Dipolo doblado
- Monopolo
- Antena Yagi-UDA
- Log-Periódica (LPDA)
- Antena de lazo o “loop”
- Antena Omni-direccional
- Antena sectorial
- Reflector Parabólico
- Antena Plana o “Patch”
- Reflectores planos y de esquina
- Antena guía-onda
- antena helicoidal
- antena ranurada

La antena más sencilla es el dipolo de media onda.

4.1 Dipolo de media onda

Esta antena es muy fácil de construir en una variedad de frecuencias. Está formada por dos trozos de material conductor, cada uno de un cuarto de longitud de onda. Si se conecta a la línea de alimentación por el centro, la distribución de corriente y de voltaje es simétrica y ofrece una impedancia

de 72 ohmios. Es fácil ver que la corriente en los extremos debe ser cero y como la corriente y el voltaje están defasados 90 grados, el voltaje en cambio es máximo en los extremos.

Este tipo de antena forma la base de muchos otros, y puede utilizarse para polarización horizontal o vertical, dependiendo de como se disponga.

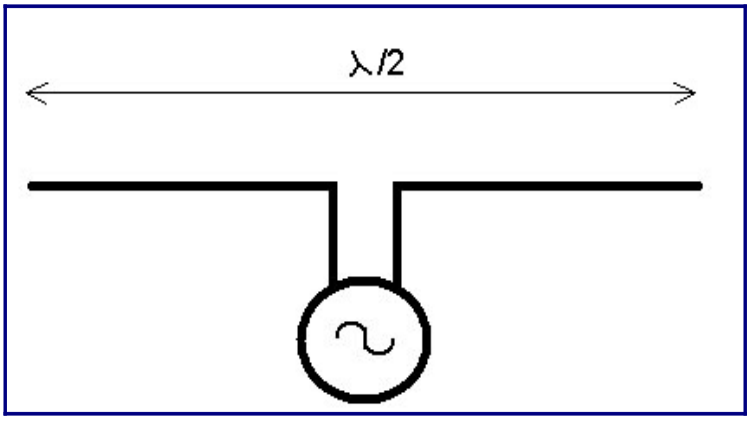


Figura 9: Dipolo de media onda

4.2 Dipolo doblado

Cerrando el dipolo pero manteniendo la misma dimensión, se aumente el ancho de banda y la la resistencia de entrada se multiplica por cuatro.

Este es muy utilizado en televisión.

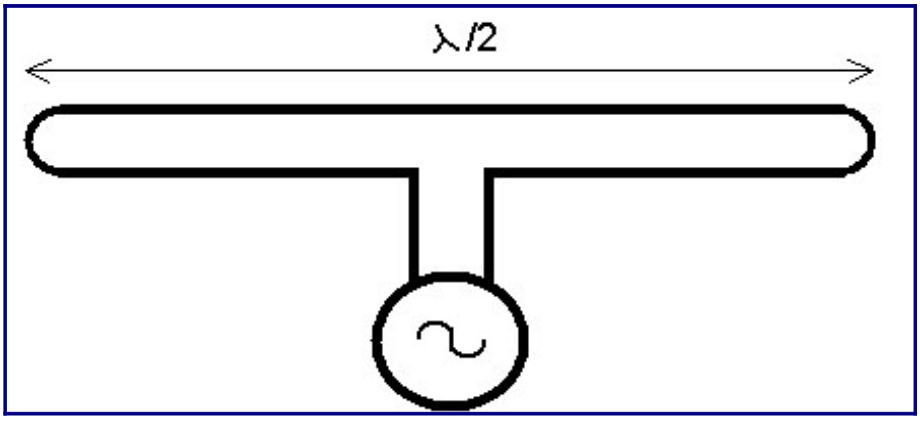


Figura 10: Dipolo doblado

4.3 Monopolo

Un plano conductor infinito refleja la distribución de cargas eléctricas que están por encima de él.

Esto se apovecha para reducir a la mitad las dimensiones físicas de un dipolo de media onda, aspecto muy importante en radiodifusión AM, donde un cuarto de longitud de onda son un centenar de metros, pero también se emple a frecuencias altas por comodidad.

El plano de tierra en la práctica es suficiente que se extienda por lo menos a un cuarto de longitud de onda, y no tiene que ser continuo, puede ser simplemente varios trozos de alambre denominados "radiales". Esta antena se llama Marconi en honor a su inventor y tiene impedancia de unos 36 ohmios.

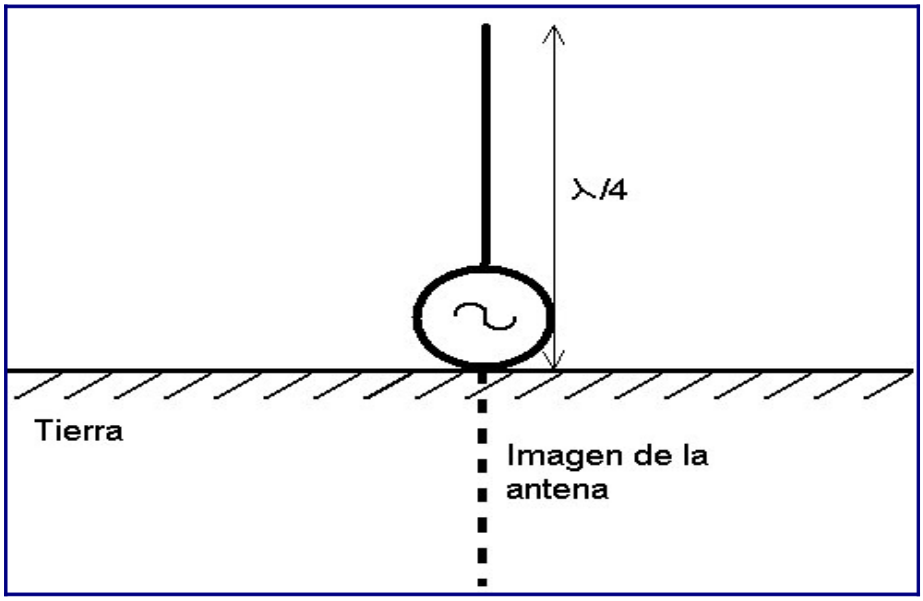


Figura 11: Antena monopolo

4.4 Antena Yagi-Uda

El dipolo de media onda tiene una ganancia de apenas 2,1 dBi. Para alcanzar grandes distancias, el Ing. japonés Uda desarrolló una antena formada por un dipolo de media onda al que le añadió otro dipolo ligeramente más largo en la parte posterior que funge como reflector y varios dipolos de longitud ligeramente inferior que actúan como directores, contribuyendo a enfocar la energía en la misma dirección. Esta antena fue divulgada por el Prof. japonés Yagi en la década de los treinta y constituye uno de los modelos más populares por la facilidad de construcción. La ganancia de la antena se puede aumentar al incrementar el número de elementos directores, lo cual está limitado sólo por consideraciones mecánicas. En la banda de 2,4 GHz es fácil obtener ganancias de unos 14 dB.

Frecuentemente estas antenas son recubiertas por una envoltura transparente a las ondas electromagnéticas que le proporciona protección contra los elementos denominada ***radome***. Es muy fácil de construir sobre una amplia gama de frecuencias.

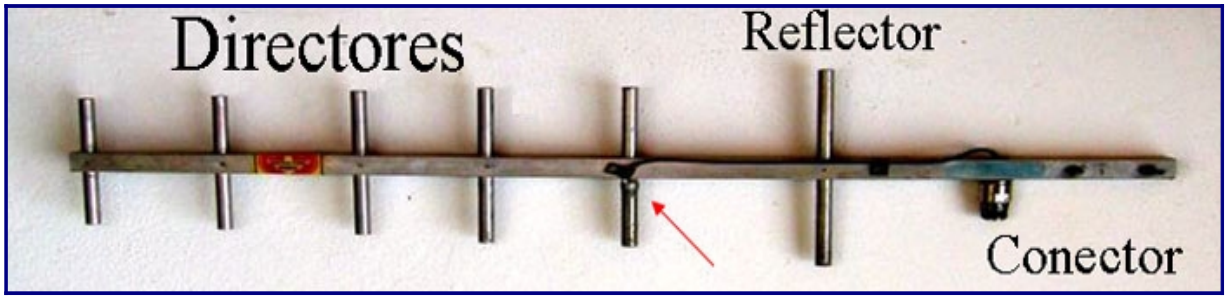


Figura 12: Antena Yagi-Uda para 800 Mhz

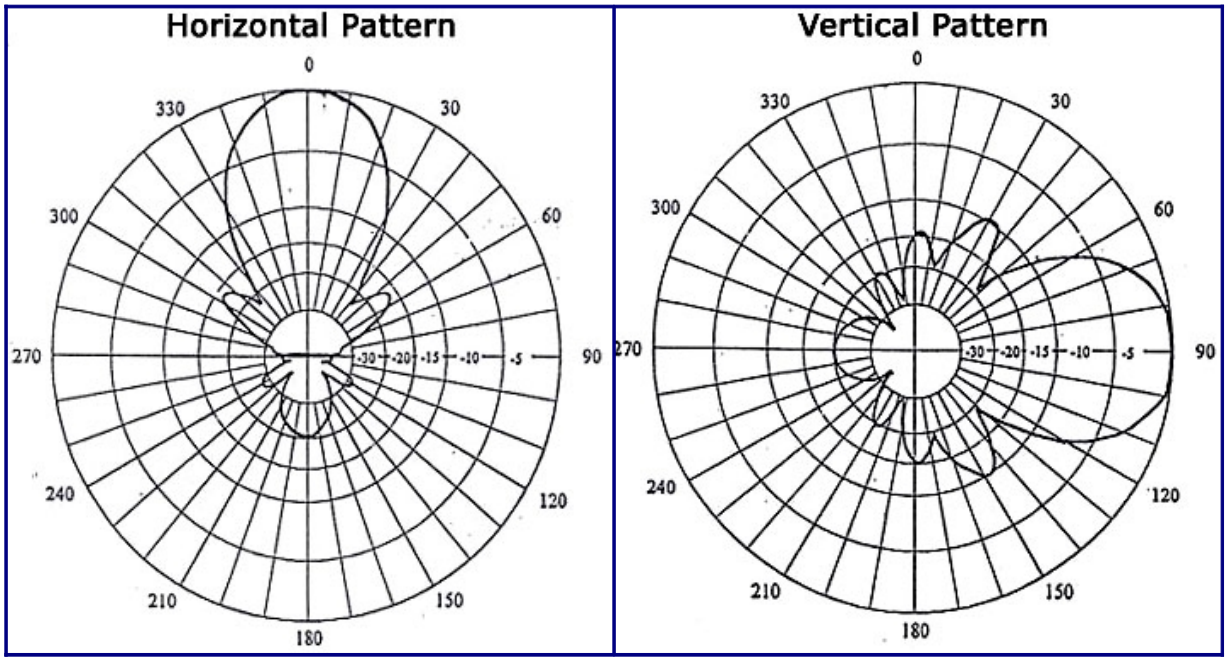


Figura 13: Patrón de radiación de una antena Yagi-Uda

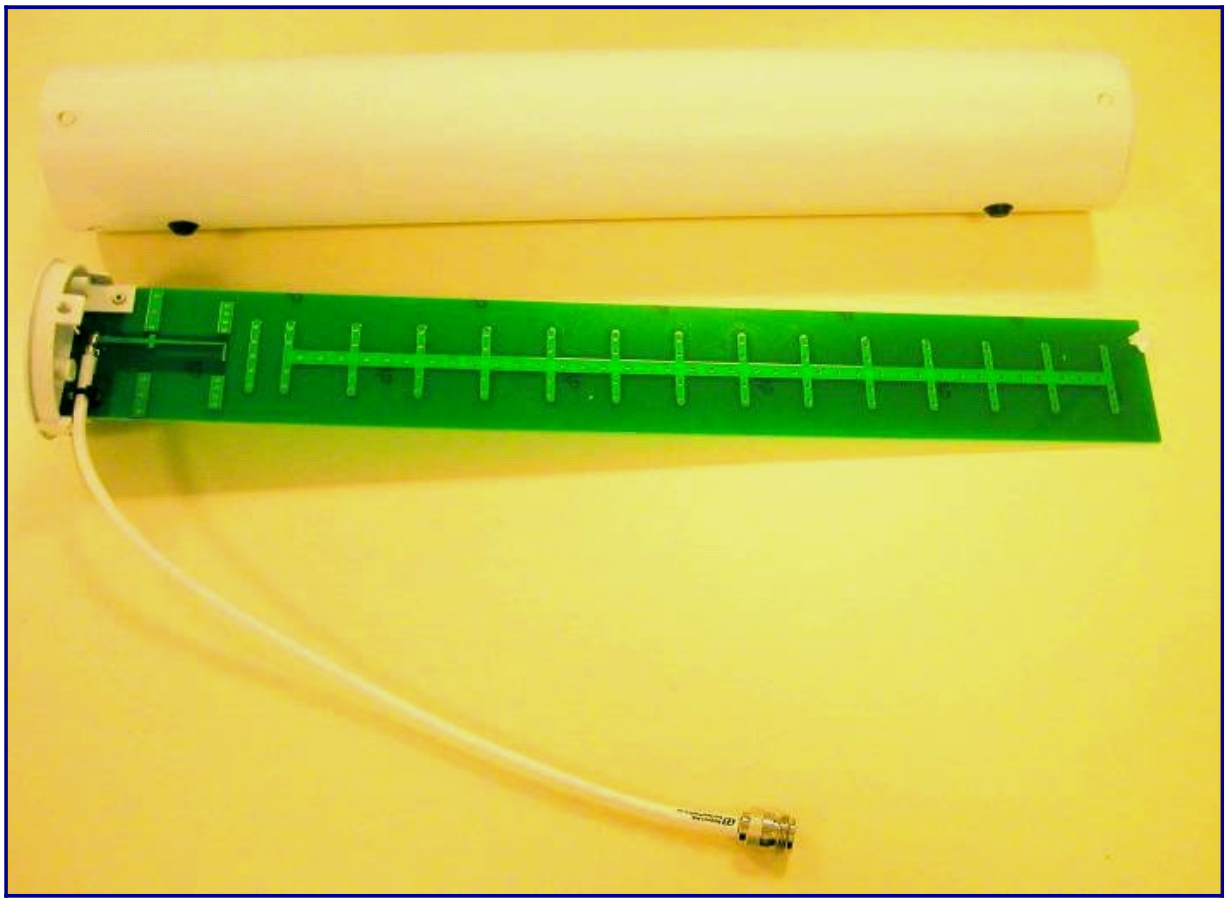


Figura 14: Antena Yagi-Uda con radome para 2.4 GHz

4.5 Log-Periódica

La antena log-periódica se asemeja a la Yagi en cuanto está formada por dipolos, pero la diferencia fundamental es que todos los dipolos se alimentan y la fase de alimentación se invierte en cad paso.

Características:

- La impedancia es una función periódica de la frecuencia de operación
- Unidireccionalidad y gran ancho de banda
- El elemento más corto es < l / 2 λ de la frecuencia más alta, mientras que el elemento más largo es > l / 2 λ de la frecuencia más baja
- Ganancia inferior a una Yagi con el mismo número de elementos
- Parámetro de diseño: t = L1/L2 = D1/D2 = L2/L3 = ….

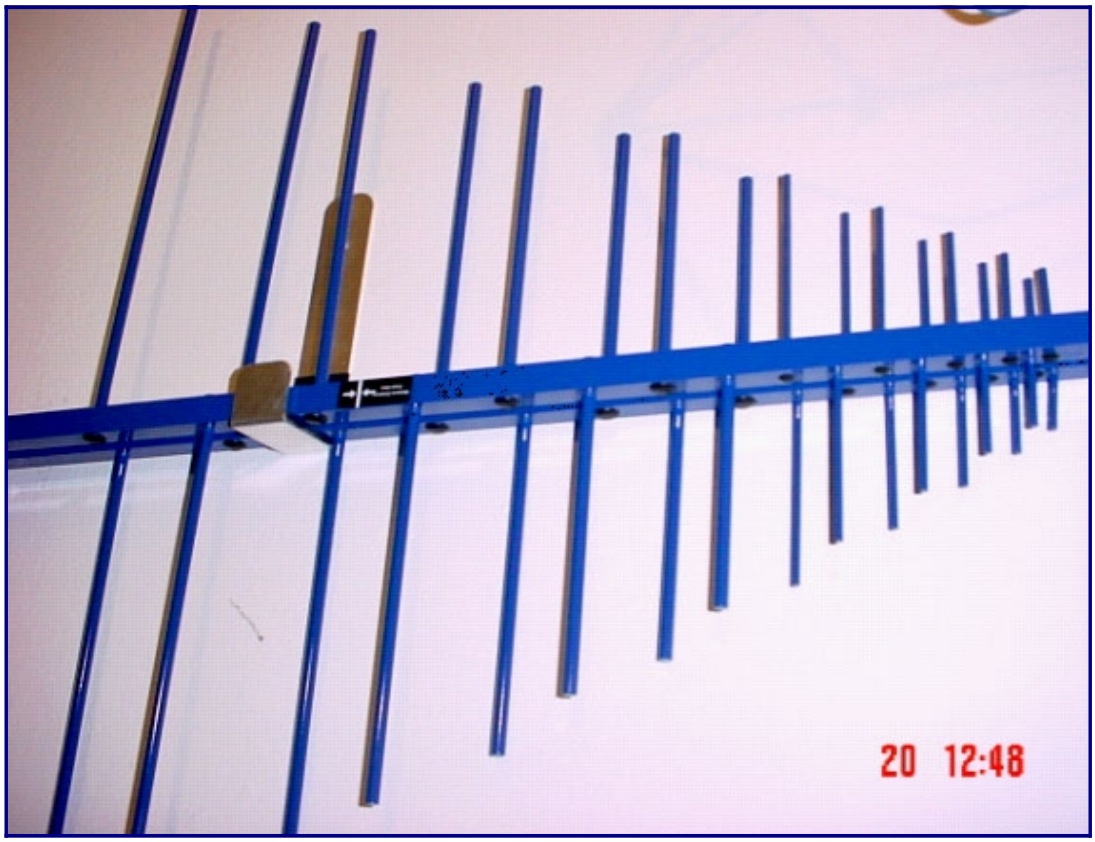


Figura 15: Antena Log-Periódica

4.6 Antena loop o de lazo

Esta antena es empleada principalmente en recepción para determinar la dirección de la que procede la radiación. Es común en televisores UHF.

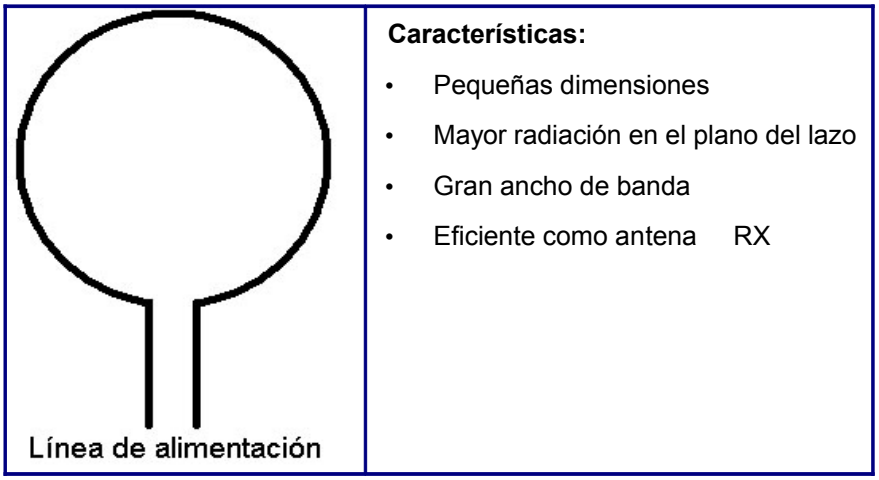


Figura 16: Antena de lazo

4.7 Antenas Omni-direccionales

Las antenas omni-direccionales tienen un diagrama de radiación constante sobre los 360 grados en el plano, es decir un círculo. Por este motivo son muy utilzadas en estaciones bases, cuando se quiere cubrir todas las direcciones. Tanto el dipolo de media onda como la antena de Marconi son omnidireccionales, pero su ganancia es muy reducida, por lo que para las estaciones bases se suela buscar antenas que ofrezcan mayor ganancia, las cuales se pueden construir combinado antenas elementales en lo que se conoce como “arreglos de dipolos”. La ganancia de una antena omni-direccional de este tipo es de alrededor de 8 a 12 dBi. Son usadas para implementar enlaces punto a multipunto (PtMP). Son muy buenas para coberturas de 1 - 5 kilómetros, especialmente en combinación con antenas altamente directivas en las instalaciones del cliente. Obsérvese que la gananancia en el plano horizontal se obtiene disminuyendo la radiación hacia arriba y hacia abajo, como puede constatarse en la siguiente figura.

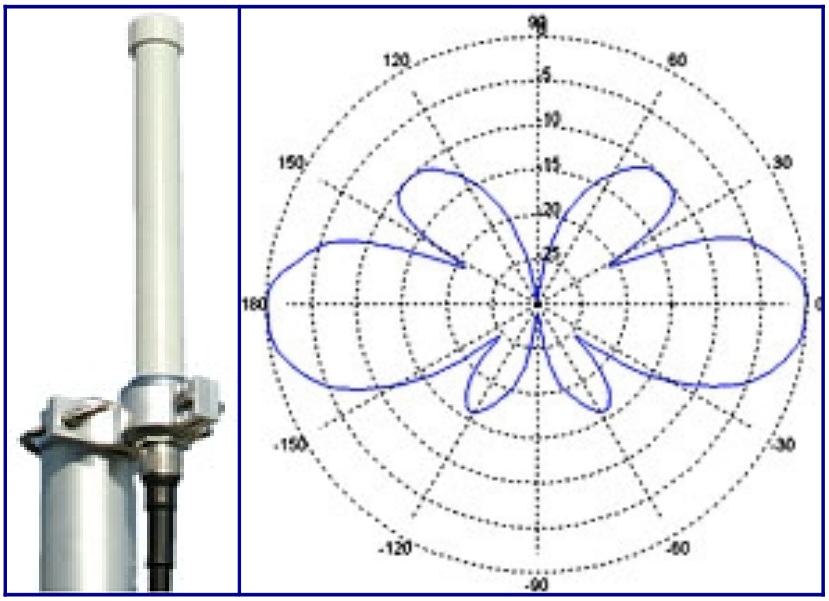


Figura 17: una antena Omni-direccional de 6 dBi y el correspondiente diagrama de radiación vertical

La **Figura 17** un diagrama típico de radiación de una antena Omni-direccional ('Svenska Antennspecialisten V06/24'). Una característica interesante de esta clase de antena es que aunque irradian 360 grados en el plano horizontal, solamente proveen buena cobertura a los clientes que hay está dentro de + / - 20 grados en la vertical. Esto quiere decir que la anten, no podrá alcanzar clientes que están justo encima de o debajo de la torre.

4.8 Antenas Sectoriales

Las antenas sectoriales también se emplean en las estaciones bases, donde ofrecen ventajas adicionales como, mejor ganancia (a expensas de cubrir un zona más restringida) y posibilidad de inclinarlas para dar servicio a las zonas de interés. Combinando varias antenas sectoriales se puede dar cobertura en todo el plano horizontal, con mejor ganancia que la ofrecida por una omnidireccional, pero a mayor costo.

Normalmente, una antena sectorial tiene una ganancia más alta que las antenas Omni-direccionales (en el rango de 10 - 19 dBi). Este tipo de antena se usa generalmente para servir radios de 15 km.

Un valor común de ganancia para una antena sectorial es de 14dBi para un ancho del haz horizontal de unos 90º y un ancho del haz vertical de 20 º.



Figura 18: Antena sectorial de 180º.

Como se muestra en la Figura 18, una antena de Sectorial puede ser construida usando una antena omnidireccional y un reflector en forma de V .

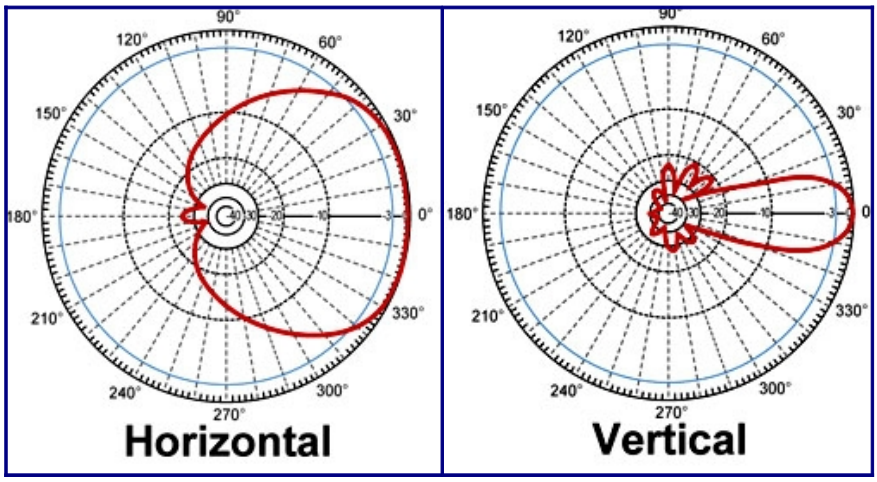


Figura 19: Típico modelo de radiación de una antena de Sectorial (la fuenteHyperlink)

La Figura 19 muestra un típico diagrama de radiación de una antena de sectorial. El diagrama de radiación horizontal muestra que la mayor parte de la energía es irradiada en la parte frontal de la antena.Una parte muy pequeña de la energía es irradiada en la parte de atrás de la antena de sectorial. El patrón de radiación vertical es muy similar a una antena Omni-direccional donde el ancho del haz es muy angosto normalmente no es más grande que 20º.

Típicamente, una antena de sectorial estaba montada en una torre alta, ligeramente inclinada para poder servir a un área justo debajo de ella.

4.9 Reflector parabólico

Para grandes alcances, el reflector parabólico es el más utilizado porque permite obtener ganancias de hasta 30 dB a costos razonables. El reflector puede ser una lámina sólida o perforada, y mientras las perforaciones no excedan de una décima parte de la longitud de onda su efecto en las prestaciones eléctricas de la antena no será notable, mientras que la resistencia al viento es significativamente menor. En algunos casos el reflector se fabrica con una malla o con una grilla de alambre. Comercialmente hay varios fabricantes que producen estas antenas y se consiguen a veces de segunda mano a precios muy atractivos.

Como la frecuencia de operación depende solamente del elemento activo o alimentador, reflectores utilizados para aplicaciones satelitales a frecuencias más altas pueden perfectamente ser utilizados a otras frecuencias dotándolos del alimentador adecuado, como se ilustra en la figura 20. Las antenas parabólicas son las preferidas para enlaces a larga distancia, especialmente en frecuencias de microondas como las que nos interesan.



Figura 20: Reflector parabólico de malla alimentada con una antena guía-onda a 2,4 GHz

El diagrama de radiación de una antena parabólica es bastante similar al de una antena Yagi pero con un ángulo del servicio mucho más angosto. Debido a que la mayor parte de la energía de RF apunta hacia un área servicio muy pequeña, una antena parabólica es mucho más difícil de apuntar. Por consiguiente, la antena parabólica es más frágil al disturbio físico y mecánico, el viento es especialmente un problema comparado con una Yagi.

4.10 Antena Plana o "Patch"

Esta antena es muy popular porque es visualmente poco impactante. Se consigue con gananancias de hasta 23 dBi en nuestro rango de frecuencias y a menudo se pegan a la caja que contiene el radio, en un solo objeto.

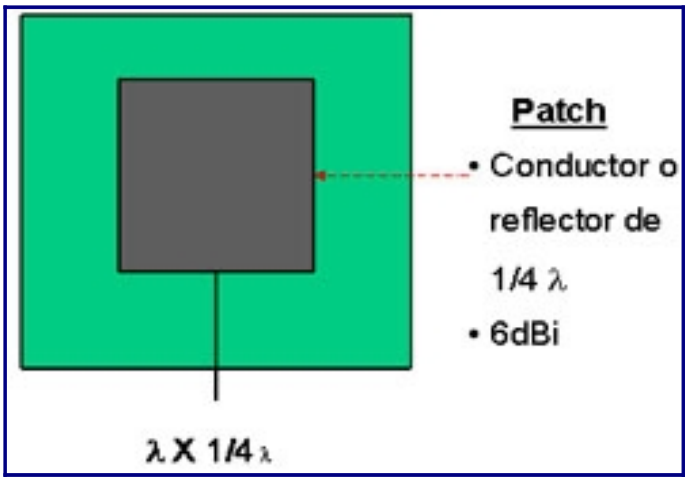


Figura 21: Antena plana



Figura 22: Cubierta externa de una antena plana de 8 dBi

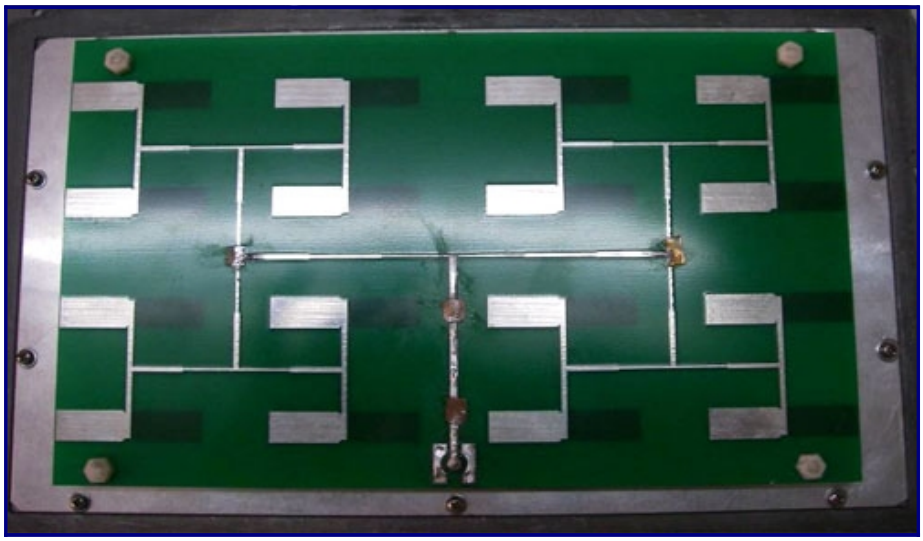


Figura 23: Antena plan de múltiples elementos (Path)

4.11 Antena guía-onda

Esta antena es la más fácil de construir para la banda de 2,4 GHz y presenta un excelente rendimiento, com ganancias de hasta 12 dBi.

En el libro “verde” se describe con detalle la construcción de este tipo de antenas.



Figura 24: Antena Guía de onda hecha con un tubo de desague.Se está conectando a 10 km de distancia.

4.12 Antena helicoidal

La antena helicoidal produce una onda com polarización circular, que tiene la ventaja de no cambiar su polarización cundo se refleja em algún objeto.

Esto es una ventaja cuando se pretende aprovechar esas reflexiones. Cuando se establece un enlace entre una antena de polarización circular y uma de polarización linela * (vertical u horizontal) las pérdidas por desadaptación son de 3 dB.



Figura 25: Antena helicoidal

4.13 Antena de ranura

Puede parecer paradójico que una ranura u orificio pueda funcionar como antena. Sin embargo, cuando se tiene una guía de onda, una ranura de media longitud de onda se comporta exactamente como un dipolo de media onda. Combinando de manera adecuada varias de estas ranuras se puede obtener diferentes patrones de radiación, incluyendo antenas sectoriales de 180 grados o inclusive omnidireccionales.



En http://www.trevormarshall.com/waveguides.htm hay una descripción completa de como construir este tipo de antenas.



Figura 26: Antena de Ranura

5. Aislamiento de antena

Cuando ponemos dos antenas en la misma torre, tenemos que asegurarnos de que no haya interferencia entre las señales de radio. El aislamiento entre las antenas se debe hacer tanto en la vertical como en la horizontal.

5.1 Aislamiento vertical

Si ponemos las antenas en el mismo plano vertical, tenemos que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Pérdida de espacio libre: está directamente relacionado con la distancia entre las antenas en la torre. Es la pérdida de energía de señal entre las dos antenas en el espacio libre. Como una regla de oro, una distancia de 3 metros en 2.4GHz garantizará una pérdida de espacio libre de 49 dB.
2. Modificación del patrón de radiación por la presencia de otros objetos metálicos

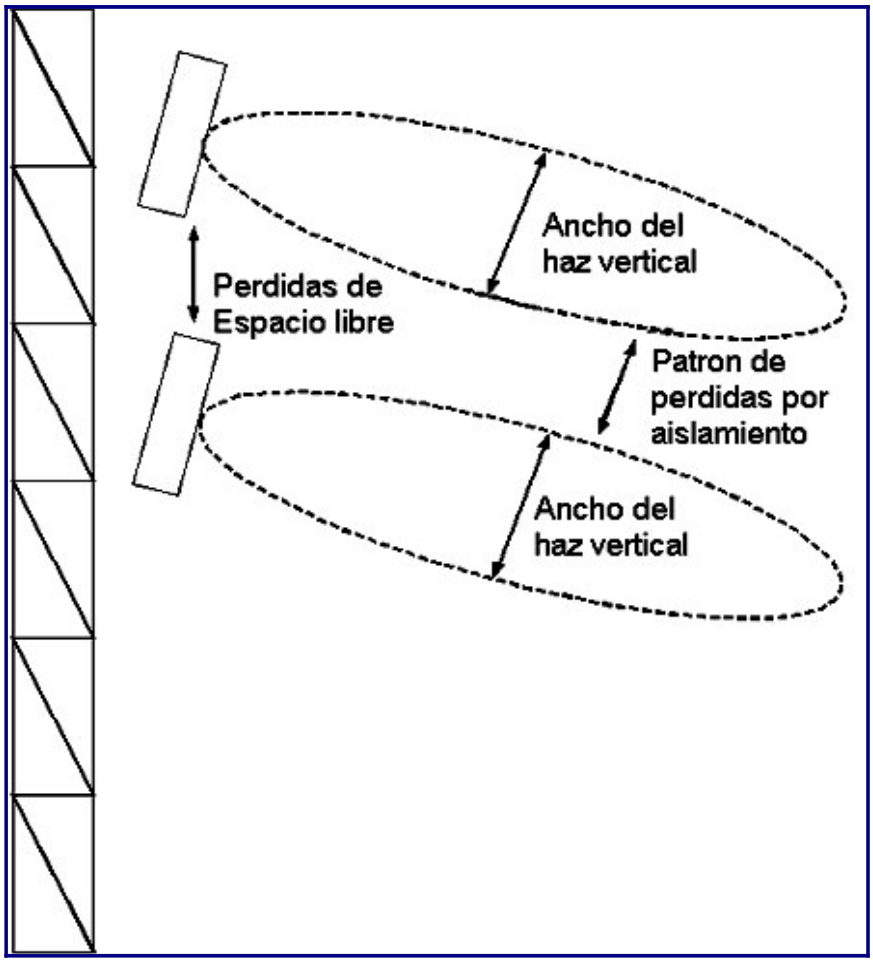


Figura 27: aislamiento vertical

5.2 Aislamiento horizontal

Similar al caso anterior, si ponemos dos antenas en el mismo plano horizontal, se debe considerar:

1. Pérdida de espacio libre: similar al aislamiento vertical (3m - 49 decibeles)
2. Modificación del patrón de radiación por aislamiento insuficiente: En este caso tenemos que saber cuánta energía se irradia en la parte posterior (backlobe) de la antena.

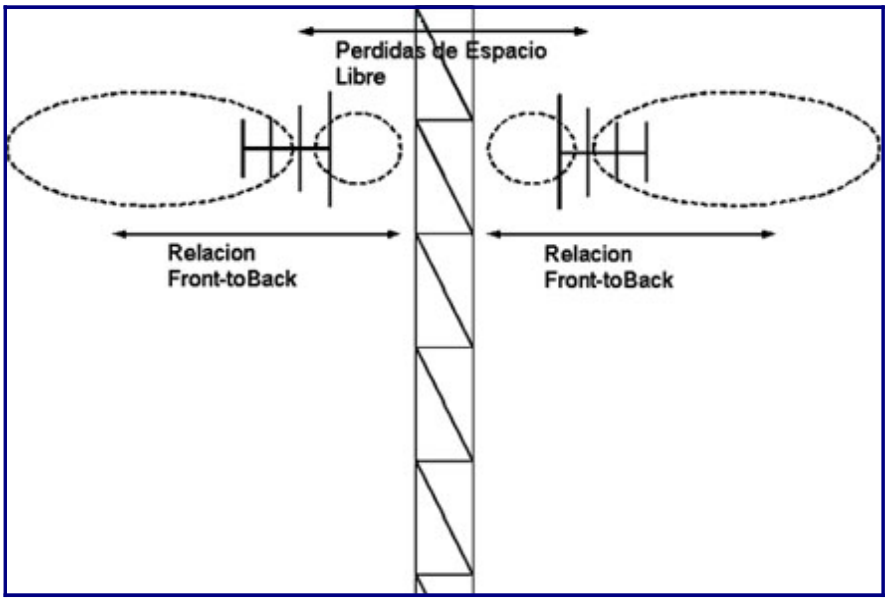


Figura 28: Aislamiento horizontal

Si va a poner algunas antenas en el mismo nivel horizontal, considere comprar antenas con una relación adelante/atrás (F / B) alta para minimizar la interfrencia.



Figura 29: Aislamiento horizontal en una torre

Una buena antena directiva tiene uno F/ B de 25 decibeles. Para tener un aislamiento total de 60 decibeles, usted tiene que poner sus antenas al menos a 50 cm entre si.

6. Conectores para cable coaxial

Para conectar su equipo de radio al cable coaxial y el cable coaxial a la antena, tiene que escoger conectores apropiados. La cantidad de conectores es numerosa, y se diferencian por los siguientes atributos:

Tipo: se refiere a la forma genérica del conector.

Género: puede ser macho (Male) o hembra (Female)

Polaridad: normal o invertida (RP)

Rosca: Normal o invertida (RT)

Es particularmente relevante en los países en desarrollo estar seguros de contar con los conectores apropiados, pues los suplidores locales generalmente tienen un inventario muy limitado.

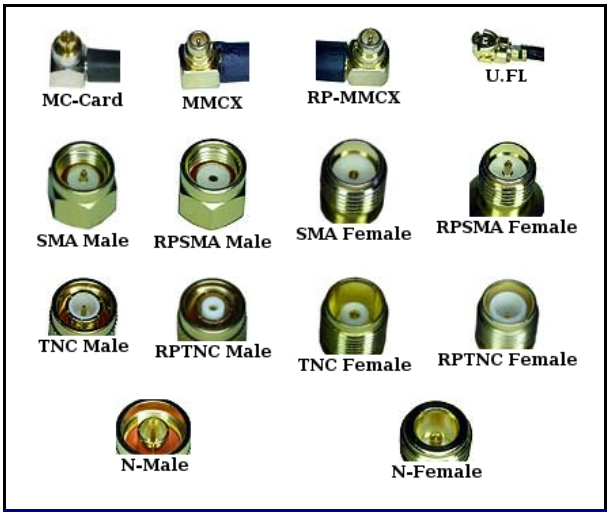


Figura 30: un juego de conectores de cable coaxial (origen: connexwireless)

1. El conector más común usado para cables gruesos es el tipo N macho.
2. Los radios tienen normalmente conectores hembra, pero además del conector N son comunes los SMA y TNC, con diferentes polaridades y roscas.
3. Las antenas tienen normalmente conectores N (hembra más común que macho).
4. Para conectar el radio al cable grueso con conector N, a veces se usa un cablecito corto y flexible denominado “latiguillo' o “pigtail” en inglés, que sirve también para mediar entre tipos de conectores distintos.

La razón por la que hay tantos conectores especiales es que la FCC de EEUU no ve con buenos ojos que el usuario final pueda conectar cualquier tipo de antena a los radios y por eso le exigía a los fabricantes que usaran conectores con polaridad o rosca invertida.



Por otra parte, una tarjeta PC card (PCMCIA) es demasiado pequeña para soportar un conector tipo N, por lo que hay que usar un conector más pequeño, generalmente acoplado a un “pigtail”.

7. Divisores/Combinadores de Potencia

Un divisor de potencia, a veces llamado "Splitter" o "Combiner", se usa para conectar varias antenas a un mismo radio. Combinar varias antenas nos permite crear nuevos diagramas de radiación y modificar el área de servicio de un punto de acceso. Normalmente se usan divisores de potencia en los casos donde existe una gran necesidad de personalizar un área de servicio, por ejemplo en la caso de repetidores los cuales dan servicios a áreas que no tienen línea de vista. Imagine el caso que se desea conectar dos pueblos en valles separados colocando un repetidor en el tope de una montaña o una colina.

Un divisor de potencia difundirá la potencia en igual cantidad a cada antena individual dentro del sistema de antenas. Este tipo de configuración requiere de buenas destrezas de diseño para prevenir las colisiones debido a los nodos escondidos.



Figura 31: A HyperGain® SC2402N Este divisor puede ser usado para conectar dos antenas a un punto de acceso inalámbrico. Fuente ELIX-Comet

8. Pérdidas de trayectoria

La pérdidas en un radioenlace se muestran la siguiente figura:

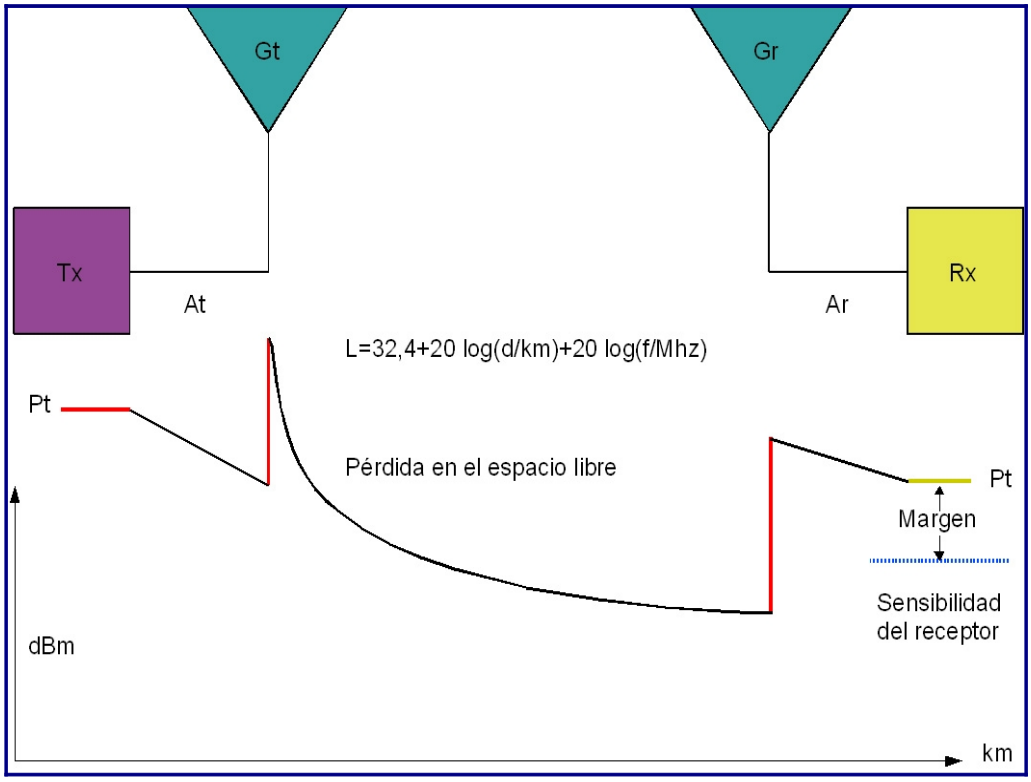


Figura 32: Potencia Vs distancia en un radioenlace.

Para llegarle al receptor con una señal suficientemente fuerte a fin de garantizar una determinada tasa de error, es necesario minimizar las pérdidas en los cables de antena y en los conectores.

9. Pérdidas en Cables y conectores

Las pérdidas en la señal de radio tendrán lugar en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del de cable y de la frecuencia de operación y son medidas en dB/m.

En general, no importa que tan bueno sea el cable, siempre causará pérdidas. Debido a esto, recuerde mantener el cable que va hacia la antena lo más corto posible. La pérdida típica en los cables es de entre 0,1 dB/m - 1 dB/m.



Para darle una idea de qué tan grandes pueden llegar a ser las pérdidas en un cable, considere que se está usando un cable RG58/BNC, que tiene una pérdida de 1dB/m, para conectar un transmisor a una antena. Usar 3 metros de cable de RG58 es suficiente para reducir 50 % de la potencia (3dB)..

Las pérdidas en el cable aumentan con la frecuencia. Examine las hojas de datos del fabricante y si posible, verifique las pérdidas tomando sus propias mediciones.

Aunque las pérdidas en un cable coaxial son menores mientras más grueso sea el cable, la calidad del cable es lo más importante. El cable RG8 tiene el mismo grosor que el LMR400, pero pérdidas mucho más elevadas. Esto se manifiesta en la mayor rigidez del LMR400, producto de un conductor externo más efectivo. NO use nunca RG8 en la frecuencia de 2,4 GHZ o 5 GHz.

Considere al menos 0,25 dB de pérdida por cada conector de su cableado. Este valor es aplicable para conectores hechos de la forma correcta, mientras que los conectores DIY mal soldados implicarán una pérdida más alta. Examine las hojas de datos para conocer las perdidas para su frecuencia y para su tipo de conector.

Si los cables usados son largos, la suma de las pérdidas de los conectores son normalmente incluidos en la "Pérdida de cable".

Adicionalmente, los protectores contra rayos (lightning arrestors) que son usados entre antenas y el equipo de radio, típicamente introucen 0,5 dB de pérdida.

9.1 Cable coaxial

Un cable coaxial de baja pérdida se usa para conectar el transmisor de radio a una antena. Cuando un cable coaxial es usado como un conductor de ondas de radio frecuencias RF, actúa de la misma manera que una línea de transmisión, y en tales circunstancias la transferencia máxima de la energía entre el transmisor y la antena solamente tiene lugar cuando todos los elementos de circuito corresponden a la misma impedancia. En equipos de comunicación de datos incluyendo WiFi esa impedancia es siempre 50 ohmios.

Si colocamos un cable de otra impedancia, parte de la señal de radio (la energía) se reflejará hacia el transmisor introduciendo pérdidas adicionales.

9.2 Pérdidas en el cable

El cable coaxial introduce una pérdida de señal entre la antena y el transmisor. En la transmisión, la señal es atenuada en camino hacia la antena y la señal recolectada por la antena es atenuada en el tránsito hacia el receptor. .

Tipo de cable	Pérdida por metro a 2,4GHz
RG 8	0,33 Decibeles
LMR 400	0,22 Decibeles
Heliax 3/8"	0,176 Decibeles
LMR 600	0,17 Decibeles
Heliax ½"	0,12 Decibeles

Tabla 1: pérdida de cable en cables coaxiales.

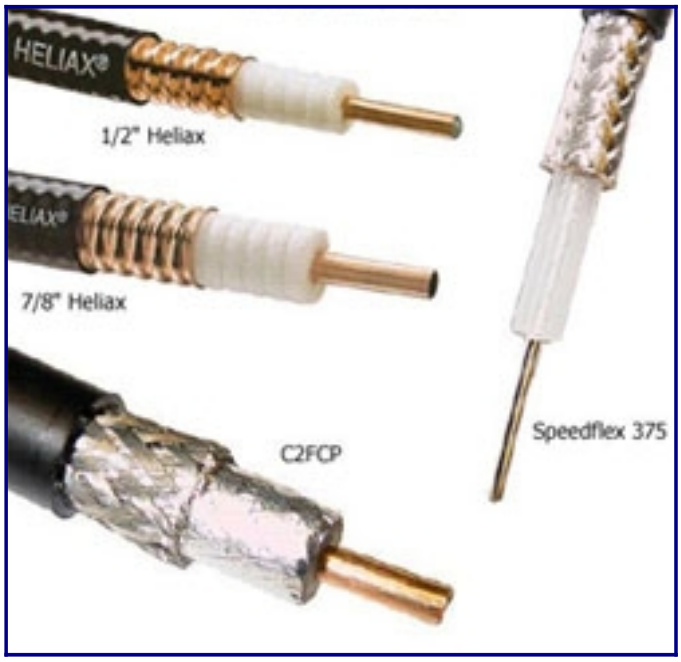


Figura 33: tipos de cables (origen: Nowire)

Note que el cable Heliax es muy rígido y difícil de conectorizar, por lo que en la práctica el cable más utilizado es el LMR400.

Si tiene una torre muy alta, en lugar de utilizar un cable de RF muy largo es preferible colocar el radio arriba de la torre y llevarle la señal mediante cable UTP, cuyas pérdidas son aceptables hasta una longitud de 100 m.

Cuando usted escoge un cable usted tiene que considerar algunos factores tales como:

- ¿Cuán el largo es el cable que se necesita?
- ¿Necesita doblar el cable en ángulos agudos?
- ¿Necesita transportar / traer el cable del exterior?

La elección del cable no solamente depende de la disponibilidad y del costo, también depende de sus propiedades mecánicas. Como una regla de oro, use cable LMR400 o alguno mejor para instalaciones que requieran un cable sobre los 10 metros. Para menos de 10 metros usted puede usar Speedflex 375 o LRM400.

9.3 Pigtails

En muchos casos, conectar el equipo de radio a un cable Heliax o a un LRM400 puede no ser posible. Los cables de largo alcance (más de 10 metros) terminan normalmente en conectores tipo N mientras la mayoría de las radios usan conectores mucho más pequeños del tipo SMA o RPTNC .

Una pigtail es un cable coaxial de pequeña longitud con un conector en cada punta para facilitar la conexión entre radios y antenas o radios y cables de largo alcance.

En la Figura 34 podemos ver una tarjeta D-Link PC con un conector RP-SMA hembra. Para conectarel radio a un conector tipo N macho necesitamos un pigtail o un adaptador de conectores. El pigtail debe ser RPSMA hembra a N macho.



Figura 34: tarjeta D-Link PCI de con un conector RP-SMA hembra. Para conectar la radio a un Heliax tipo N macho necesitamos un pigtail. El pigtail debe ser RPSMA hembra a - N macho

Las pigtails normalmente usan cable LMR195 o LMR 100 que introducen una pérdida total de 0,2 - 3dB, dependiendo de la longitud. Un buen adaptador de conectores tiene una pérdida de 0,1 decibeles.

En la figura se muestra gráficamente la atenuación adicional introduciapa por un pigtail de 150 cm comparado con uno de 30 cm, cuando el cable es LMR100

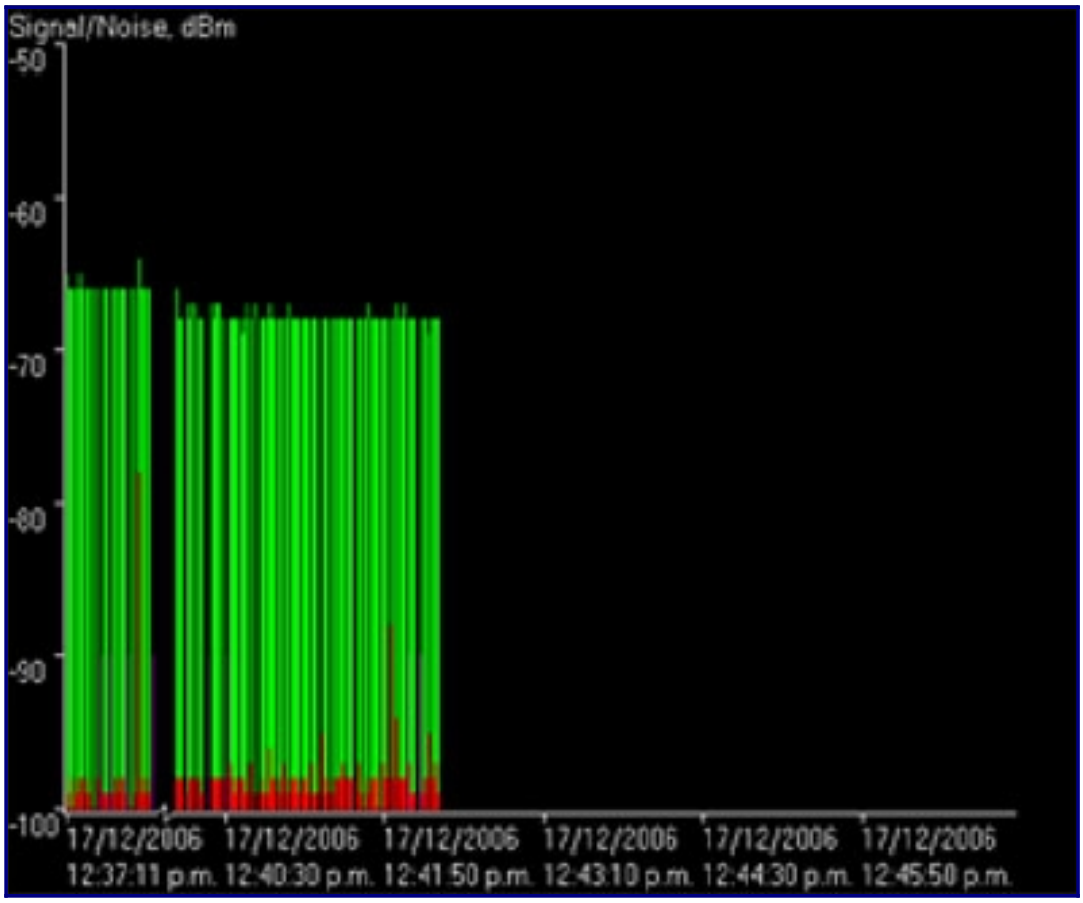


Figura 35: atenuación adicional introducida por un pigtail de 150 cm respecto a uno de 30 cm.

Definitivamente, cuide sus cables, conectores y pigtails debido a que siempre son un punto de falla. Los cables de microondas y conectores especiales son partes hechas con precisión. Esté seguro de saber cuánto puede doblar el cable que ha elegido y nunca pise un conector.

10. Conclusiones

La elección de antena afectará su área del servicio, su habilidad de minimizar las interferencias con otras fuentes y la durabilidad y estabilidad de su red. Asegúrese de tener una antena con buenas propiedades mecánicas. En muchos casos, satisfacer los requisitos de un presupuesto de enlace será suficiente para encontrar una solución óptima para cada situación adicionalmente debe considerar otros aspectos como: la carga de viento, las condiciones de clima, el transporte de equipo, la disponibilidad etc.

Las buenas elecciones en equipamiento dependerán de su habilidad de comprender tantos los diagramas de radiación como el presupuesto del enlace pero también el tipo del servicio hacia el que usted desea llegar.

Los cinco puntos principales que usted debe recordar de esta unidad se pueden resumir en:

1. El significado del diagrama de radiación, presupuesto de potencia, tipos de antenas y cables
2. La necesidad de la eficiencia espectral y cumplir con las regulaciones sobre potencia máxima transmitida. No usar más potencia de la necesaria porque perjudica a otros usuarios.
3. La diferencia entre antenas directivas y antenas de amplia cobertura.
4. La importancia de evitar las reflexiones de señal, manteniendo siempre la impedancia de 50 ohmios en conectore, cables y antenas
5. Cómo cuidar de sus cables y conectores debido a que son siempre un punto de falla.

11. Ejercicio de antenas

Dado el siguiente diagrama de potencia transmitida:

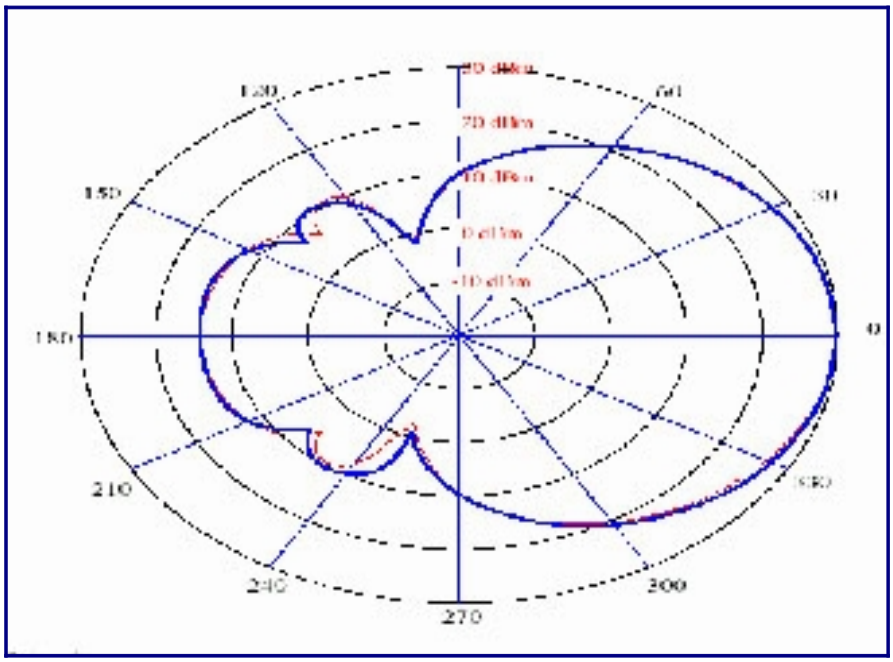


Figura 36. Diagrama de potencia transmitida

Determine:

a) La dirección de máxima potencia transmitida

b) El ancho del haz

c) La relación de ganancia hacia adelante/hacia atrás (Front to Back ratio)

d) La atenuación del máximo lóbulo lateral

e) Las direcciones de ganancia mínima para esta antena

f) La magnitud de la señal recibida en un punto situado a 1,8 km en dirección 270 grados, sabiendo que la frecuencia de operación es de 2,45 Ghz

12. Glosario de Antenas

Desarrollado por: Ermanno Pietrosémoli, EsLaRed

Alimentación Cassegrain	Manera de alimentar una antena en la que el elemento activo ilumina un pequeño reflector convexo secundario colocado en el foco del reflector cóncavo primario.
Alimentación offset	Utilización de un reflector asimétrico que permite colocar el alimentador fuera del haz por lo que se elimina la sombra producida cuando el reflector es simétrico y el alimentador está en el foco.
Ancho del haz	Distancia en grados entre los puntos en los cuales el diagrama de radiación ha disminuido 3 dB respecto a su valor máximo. Se define tanto en el plano horizontal como en el plano vertical.
Antena Yagi-Uda	Antena formada por un elemento activo (dipolo de media onda), un reflector y uno o más directores. La ganancia incrementa con cada uno de los directores.
Atenuación del espacio libre	Atenuación que sufre una señal en ausencia de cualquier obstáculo y de absorción. Es proporcional al cuadrado de la distancia y al cuadrado de la longitud de onda.
Cantenna	Palabra compuesta de “can” y “antena” que se usa para referirse a la popular antena de guía onda, construida con latas (cans) recicladas.
dB decibel, decibelio	Una medida utilizada para expresar la proporción que relaciona dos valores, usualmente la potencia de señales eléctricas, ópticas o acústicas, igual a 10 veces el logaritmo del cociente de los dos niveles de potencia expresados en vatios.

dbi	Decibelios respecto a una antena isotrópica. Medida de la ganancia de una antena con relación a la ganancia de un antena isotrópica, es decir la que irradia con la misma intensidad en todas las direcciones. La antena isotrópica no es físicamente realizable por lo que esta medida es siempre indirecta.
dBm	Decibelio referido a un milivatio. La potencia de una señal relativa a un milivatio. 0 dBm corresponde a 1 mW.
Dipolo ***Dipole***	Antena constituida por dos conductores de media o un cuarto longitud de onda. La ganancia de un dipolo de media onda es de 2,1 dB con relación a una antena isotrópica y a menudo se utiliza como referencia para expresar la ganancia de otras antenas en dBd .
Dipolo de media onda ***Half-wave dipole***	Dipolo en el que cada uno de los dos elementos tiene una longitud de ¼ de la longitud de onda electromagnética que recibe o transmite.
Dipolo doblado ***Folded dipole***	Elemento activo de una antena que ofrece mayor ancho de banda y 4 veces la resistencia de entrada de un dipolo abierto.
Ganancia de la antena	Cociente entre la cantidad de energía irradiada en la dirección preferencial y la que irradiaría una antena isotrópica alimentada por el mismo transmisor.
Guía-onda, guía de ondas ***Waveguide***	Tubo metálico de sección circular o rectangular utilizado para la transmisión de ondas electromagnéticas de frecuencias muy elevadas.
Interfaz ***Interface***	Un límite compartido. Un punto físico de demarcación entre dos dispositivos donde se definen las señales eléctricas, los conectores, la temporización y el protocolo. Dispositivo o programa de software que conecta dos entidades independientes.
Longitud de onda ***Wave length***	Distancia entre dos puntos consecutivos que están en fase. Se calcula dividiendo la velocidad de propagación entre la frecuencia.
Omnidireccional ***Omnidirectional***	Dícese de la antena que transmite en todas direcciones del plano horizontal con la misma ganancia.
Patrón de radiación, diagrama de radiación	Gráfico de la intensidad de la radiación emitida o recibida por una antena (en dB) en función del ángulo respecto al eje de la antena. Este diagrama es tridimensional, por lo que generalmente se grafica el diagrama de radiación horizontal y

Radiation pattern	vertical.
Pigtail	Rabillo de conexión. Latiguillo. Cable corto y flexible utilizado entre una tarjeta de red inalámbrica y el cable de baja pérdida y gran rigidez que conecta a la antena externa.
Polarización ***Polarization***	Dirección del vector campo eléctrico de una onda electromagnética. Puede ser Vertical, Horizontal , Circular o Elíptica. La desadaptación de polarización puede introducir una pérdida mayor de 20 dB.
Radome	Cubierta dieléctrica de una antena de radio utilizada para protegerla de los elementos.

13. Recursos Adicionales

13.1 En Línea

1. Http://wndw.net Redes Inalámbricas para países en desarrollo, disponible gratuitamente en .pdf y aprecio nominal en papel.
2. http://www.timesmicrowave.com/spanish/ página de un fabricante de cables para frecuencias de microondas con información intresante en español
3. http://www.trevormarshall.com/waveguides.htm
   Página de Trevor Marshall sobre construcción de antenas. Incluye interesantes simulaciones y patrones de radiación
4. http://www.paramowifix.net/antenas/guiaondas_marshall.html traducción al español de la página de Trevor Marshall con buena información sobre antenas de ranura, utilizadas para construir antenas omnidireccionales
5. http://www.nec2.org/ Simulador de antenas muy poderoso, permite simular cualquier tipo de antena y determinar todos los parámetros, incluyendo patrón de radiación tridimensional, impedancia, etc. Recomendado para quien quiera construir antena de manera racional y también para determinar el efecto de estructuras metálicas cercanas en las características de la antena.

13.2 En Papel

6. The ARRL Antenna Book
American Radio Relay League
20th Edition, ISBN: 0-87259-904-3
Mucha información práctica sobre construcción de antenas, con la teoría que la justifica.

7. The ARRL Handbook for Radio Amateurs
American Radio Relay League
ISBN 0-8759-174-3
Es la biblia para todo lo que tenga que ver con instalaciones de radio, puesta a tierra, erección de torres, antenas, etc. Se publica una nueva edición cada año, pero la información básica es la misma, así que las ediciones viejas siguen siendo valiosas.

Laboratorio

Construcción de antena guía - onda

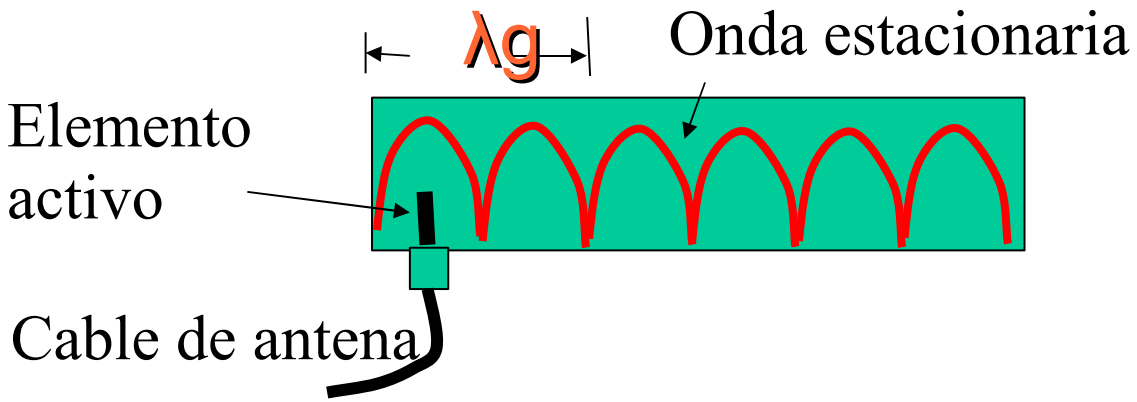
Autor: Ermanno Pietrosemoli
Fundación EsLaRed

La Antena guía-onda o “cantenna”

- Tubo metálico tapado en un extremo, dotado de un elemento activo de ¼ λ (λ = 12 cm @ 2,4 GHz)
- El diámetro debe ser tal que se pueda propagar el modo fundamental, pero que se atenúen los modos superiores
- En 2,4 GHz, esto significa que el diámetro debe ser mayor que 73 mm y preferiblemente menor que 95 mm. La longitud no es crítica, idealmente > 2 λ

La Antena guía-onda o “cantenna”

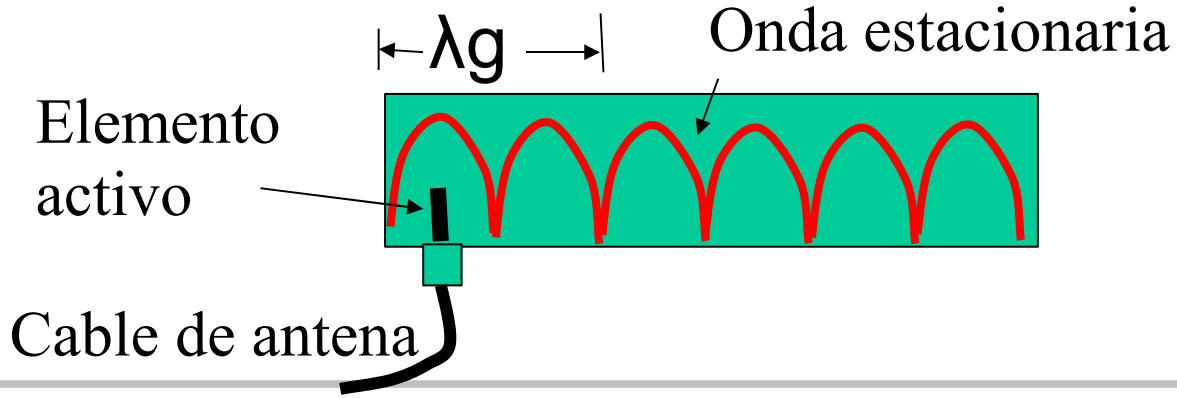
- Dentro de la guía se forma una onda estacionaria, que tiene un nulo en el fondo del tubo
- El elemento activo debe posicionarse en un máximo de la onda estacionaria, el cual ocurre a ¼ λg, donde λg es la longitud de onda de la onda estacionaria dentro de la guía.



La Antena guía-onda o “cantenna”

- La longitud de onda de corte depende del diámetro de la guía: $\lambda c = 1{,}706\ D$
- La longitud de onda en el vacío es $\lambda = c/f$, con c = 300.000 km/s
- $(1/\lambda)^2 = (1/\lambda c)^2 + (1/\lambda g)^2$

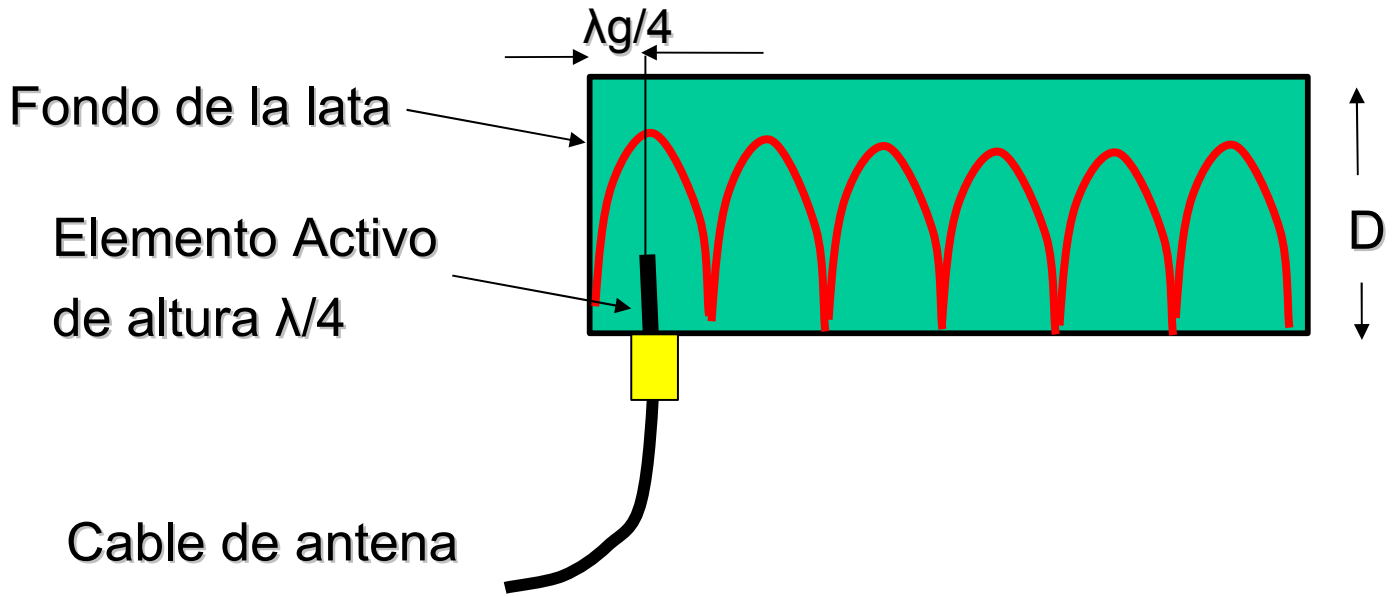
De donde: $\lambda g = ((1/\lambda)^2 - (1/\lambda c)^2)^{-1/2}$



O también...

$$\lambda g = \frac{\lambda}{\text{sqrt}(1 - (\lambda / 1{,}706D)2)}$$

Para la frecuencia de 2,42 GHz, λ = 124 mm, λ/4 = 31 mm

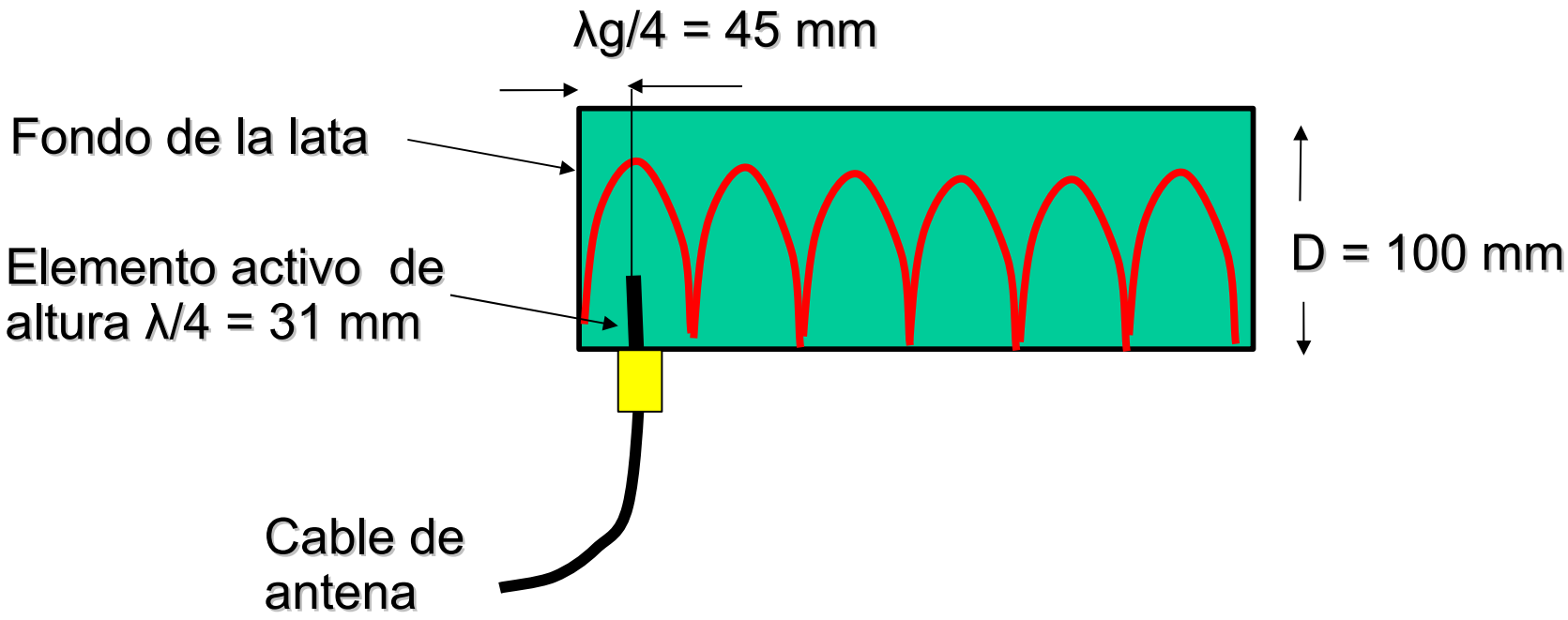


Ejemplo antena guía onda a 2,42 GHz

Con una lata de D = 100 mm, λc = 170,6 mm

$\lambda g = (1/(124)^2 - 1/(170,6)^2)^{-1/2}$

λg = 180,5 mm



Detalles adicionales

- Se puede utilizar una tapa plástica para evitar que entre agua a la antena, cerciórese que el plástico es transparente a la frecuencia de 2, 4 GHz colocándolo en un horno de microondas y verificando que no se calienta
- Formando un embudo en el extremo abierto de la guía-onda se aumenta la eficiencia

Vista interior de la antena guia - onda



Unidad 08



Antena y Cables

Desarrollado por: Alberto Escudero Pascual, IT +46
Traducido por Jose F. Torres M. y actualizado por Ermanno Pietrosemoli

Objetivos



- Analizar el presupuesto del e***nlace de potencia y el efecto de cables y antenas***
- Comprender los parámetros que afectan el funcionamiento y la instalación de las antenas

Objetivos



- Descibir como hacer las elecciones correctas en cuanto a:
  - Área óptima de servicio
  - Minimizar la interferencia
  - Mejor uso del espectro de radio

Índice



- Introducción a las antenas
- Tipos de antenas
- El aislamiento de las antenas
- Cables y conectores

¿Qué es una antena?



- **Definición:**

"La antena es el dispositivo físico que sirve de interfaz entre las ondas electromagnéticas guiadas por el cable o la guía-onda y el espacio libre o el aire."

¿Qué es una antena?



- Existe una gran cantidad de maneras de lograr la transferencia de energía desde el alimentador al espacio, por lo que las antenas pueden ser físicamente muy diversas

Tipos de antenas



Hay antenas formadas por lentes que enfocan la radiación en una particular región del espacio, antenas formadas por ranuras en una guía de ondas, etc., pero con mucho las antenas más populares están formadas por elementos metálicos con una geometría especial en función de la frecuencia de operación

Principio de reciprocidad



Establece que el comportamiento de la antena en transmisión es idéntico al comportamiento de la antena en recepción. Esto permite enfocar nuestras ideas hacia la transmisión o recepción, según sea más fácil, y luego extender el concepto hacia el comportamiento recíproco

Principio de reciprocidad



Así, una antena que transmita máxima señal en una dirección dada, también recibirá máxima señal en esa dirección.

Características



Entre las principales características de las antenas podemos encontrar:

- Ganancia
- Diagrama o patrón de radiación
- Ancho del haz
- Impedancia de entrada
- Polarización
- Conductividad a tierra

Diagrama de radiación



- El diagrama de radiación o patrón de radiación es una represtanción de la potencia de la señal trasmitida en función del ángulo espacial
- Es un objeto tridimensional
- Por comodidad, se suele graficar aparte la proyección en el plano horizontal y en el plano vertical

Diagrama de radiación

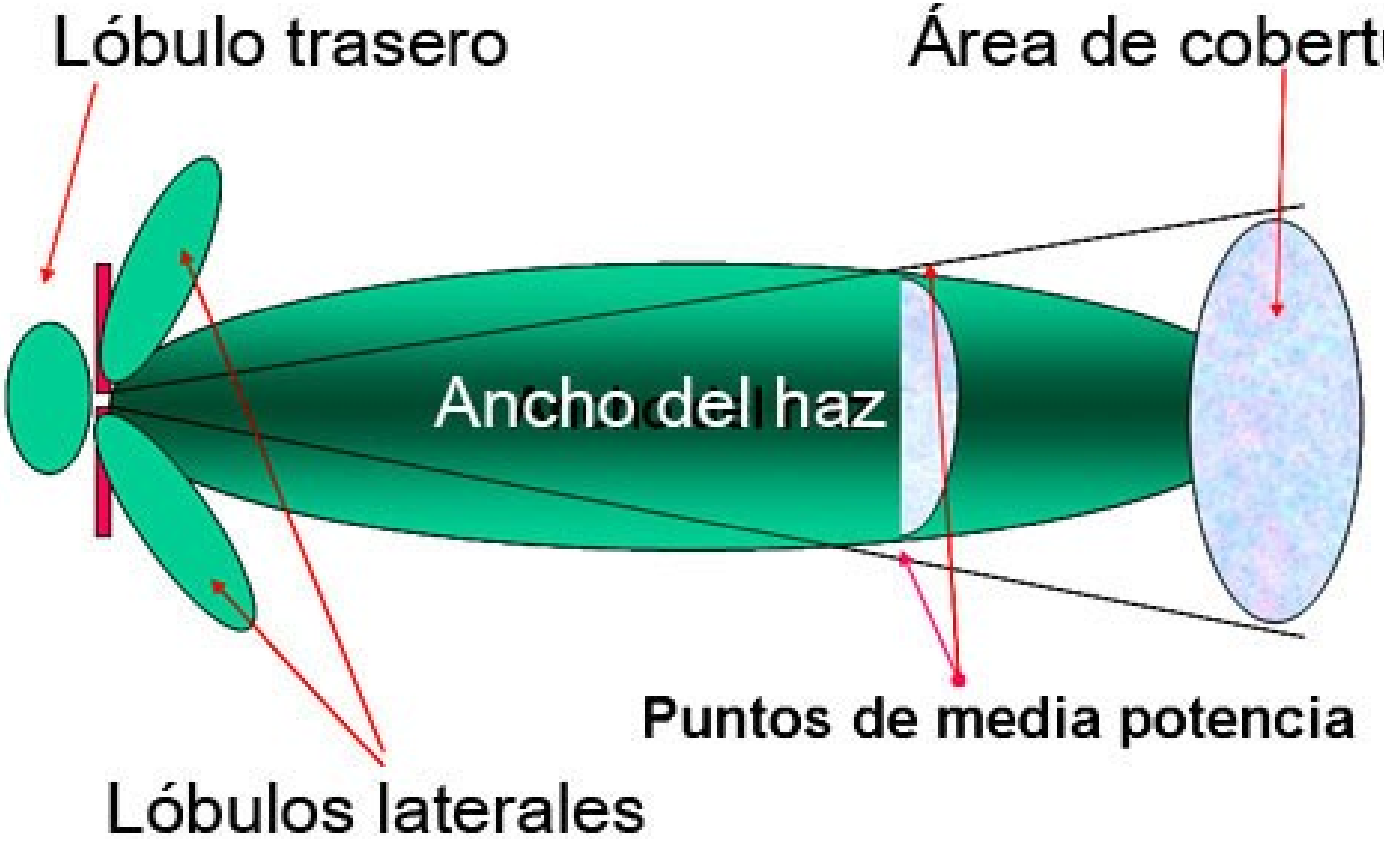
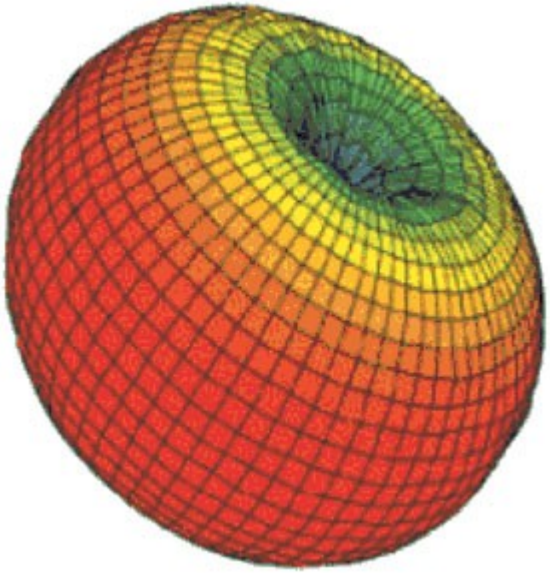


Diagrama de radiación

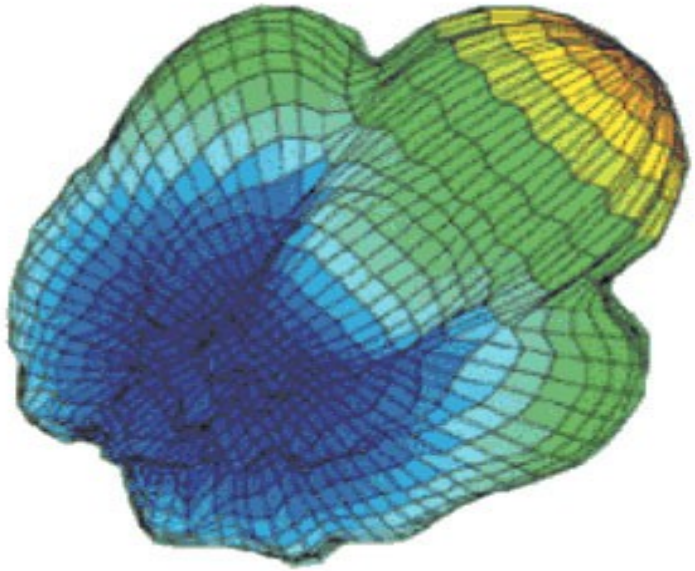


Se representan de forma bi-dimensional en dos planos, el vertical y el horizontal, estos planos son presentados en coordenadas rectangulares o en coordenadas polares como se muestra a continuación

Diagrama de radiación



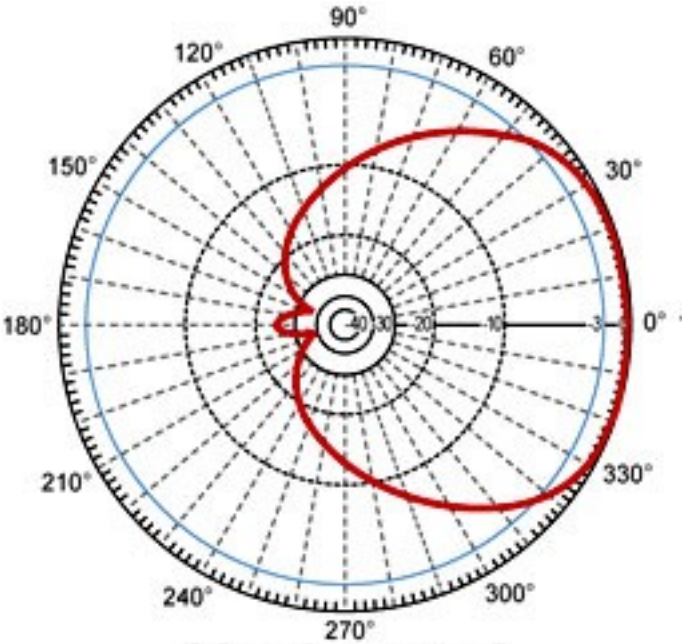
Un Dipolo



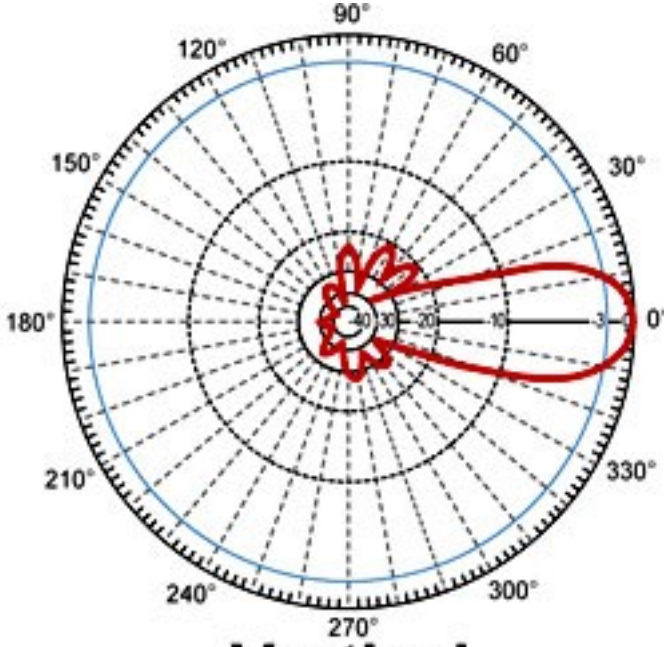
Antena de bocina estándar

Diagrama de radiación

Coordenadas Polares



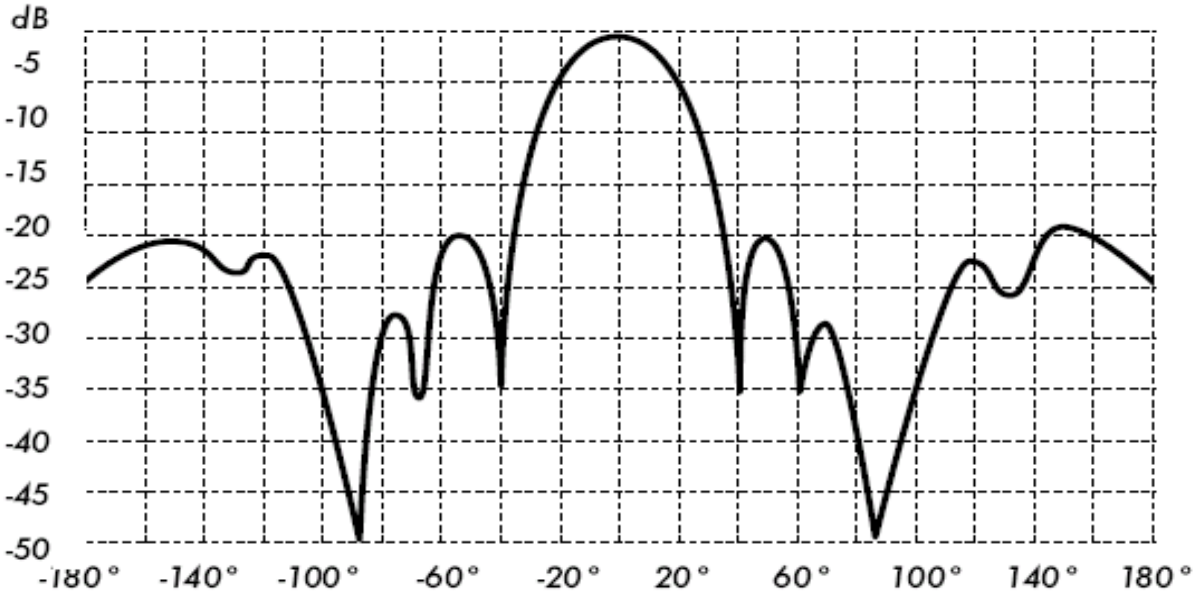
Horizontal



Vertical

Diagrama de radiación

Coordenadas Rectangulares



Antena Isotrópica



Es la que irradia (o recibe) desde todas las direcciones con la misma intensidad.

Aunque es físicamente irrealizable, el concepto de antena isotrópica se utiliza como modelo de comparación con las antenas reales. Como irradia con igual eficacia en todas direcciones, decimos que su diagrama o patrón de radiación es una esfera.

Antena Isotrópica



Un ejemplo de lo que se aproxima a una antena isotrópica es la luz producida por un bombillo, que se proyecta en todas direcciones con la misma intensidad, excepto en la base del bombillo.

Antena Isotrópica



Cuando al bombillo le ponemos un reflector, lo convertimos en una antena directiva, pues en la dirección perpendicular al reflector habremos aumentado la iluminación, mientras que en la parte trasera del reflector se habrá bloqueado la iluminación.

Ganancia de una antena



Definimos a la ganancia de la antena como el cociente entre la cantidad de energía irradiada en la dirección preferencial y la que irradiaría una antena isotrópica alimentada por el mismo transmisor. Este número lo expresamos en decibelios con relación a la isotrópica y por ende se denota en dBi.

Ganancia de una antena



- La ganancia respecto a la antena isotrópica se expresa en dBi
- También se puede expresar la ganancia con respecto a un dipolo de de media onda, denominada entonces dBd

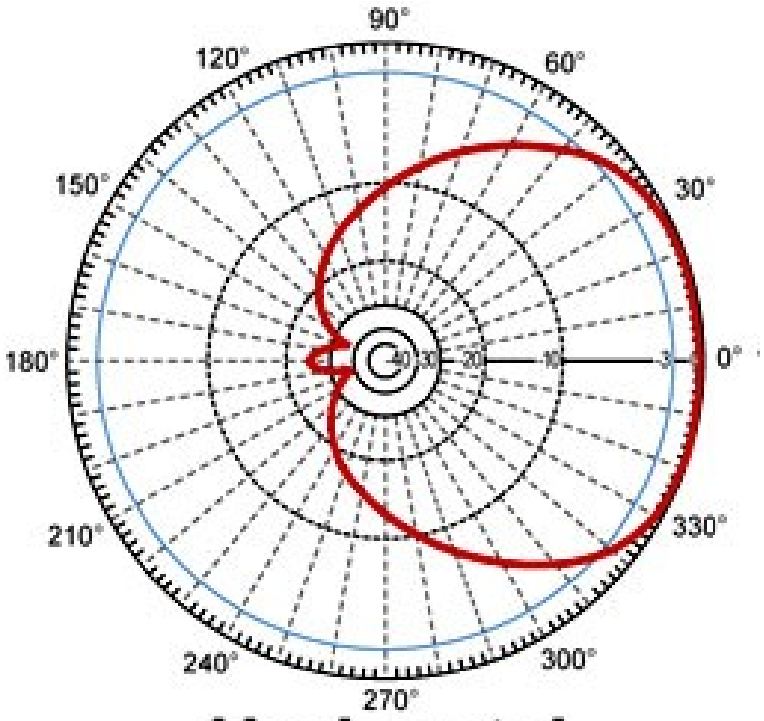
Ancho del haz (beamwidth)

- El ancho del haz (beamwidth) es el ángulo subtendido por la radiación emitida entre los puntos en que la potencia disminuye a la mitad (3 dB)



Diagrama de radiación

Antena sectorial

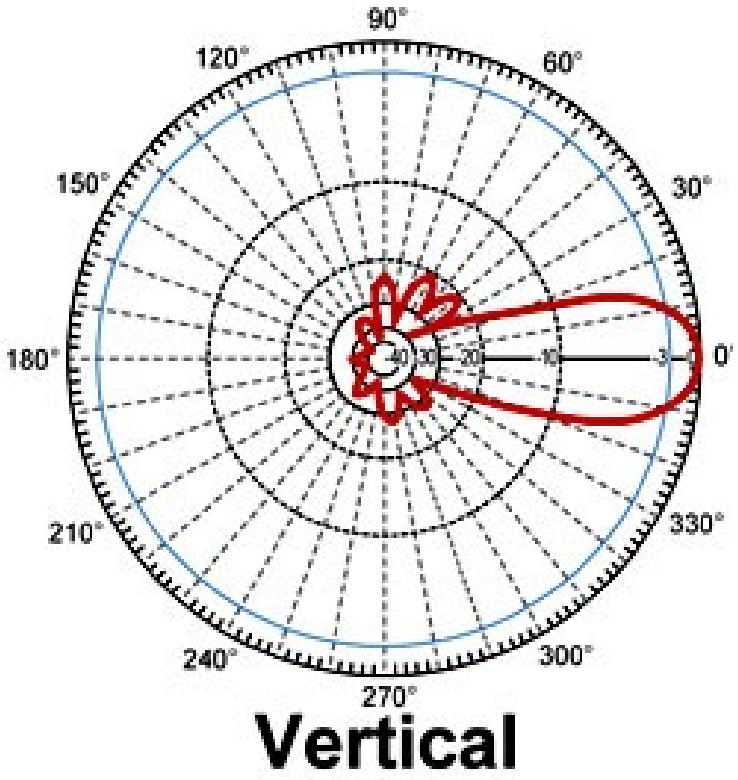


Horizontal

Ancho de haz de 90 º

Diagrama de radiación

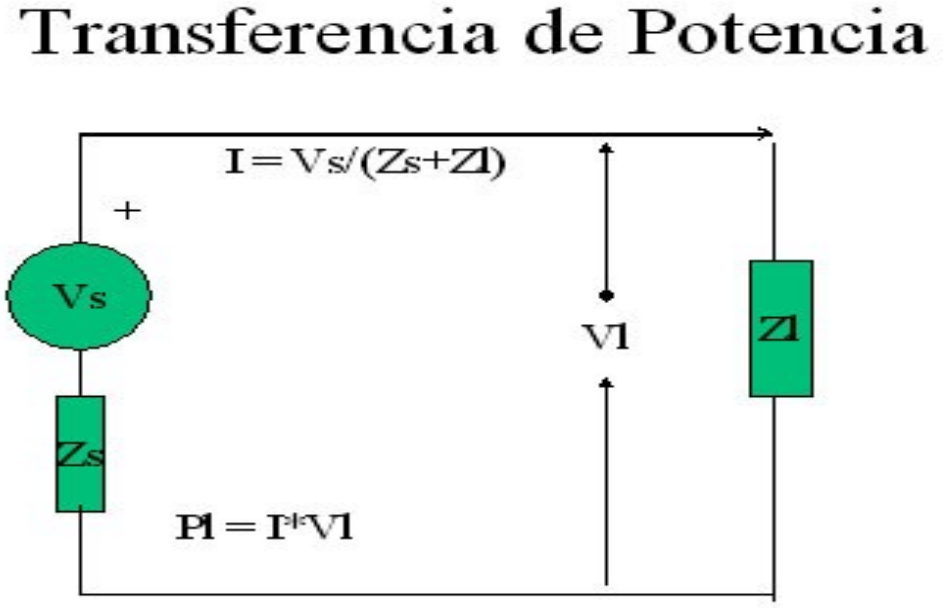
Antena sectorial



Ancho de haz de 20 º

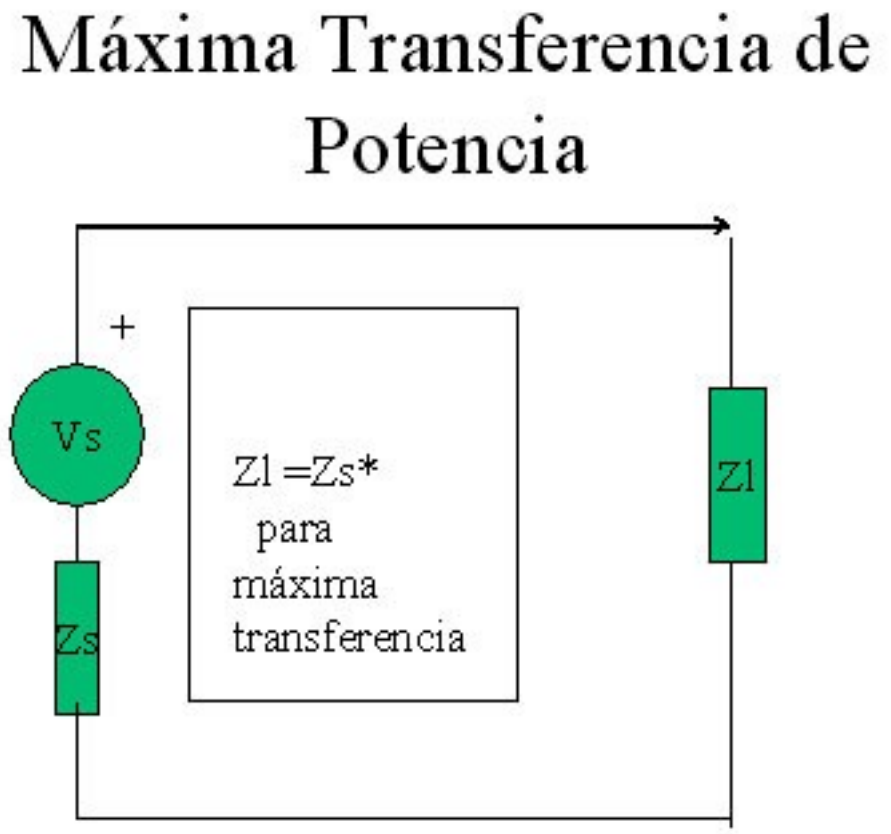
Impedancia de entrada

- Es el cociente entre el voltaje aplicado a los terminales de entrada y la corriente resultante.
- En general tiene una parte resistiva y una parte reactiva



Impedancia de entrada

Para máxima transferencia de potencia, la impedancia de la antena debe estar acoplada a la de la línea de transmisión que la alimenta.



Polarización de antena



- Una onda electromagnética está formada por campos eléctricos y magnéticos íntimamente ligados que se propagan en el espacio.
- La dirección del campo eléctrico se corresponde con la polarización de la onda

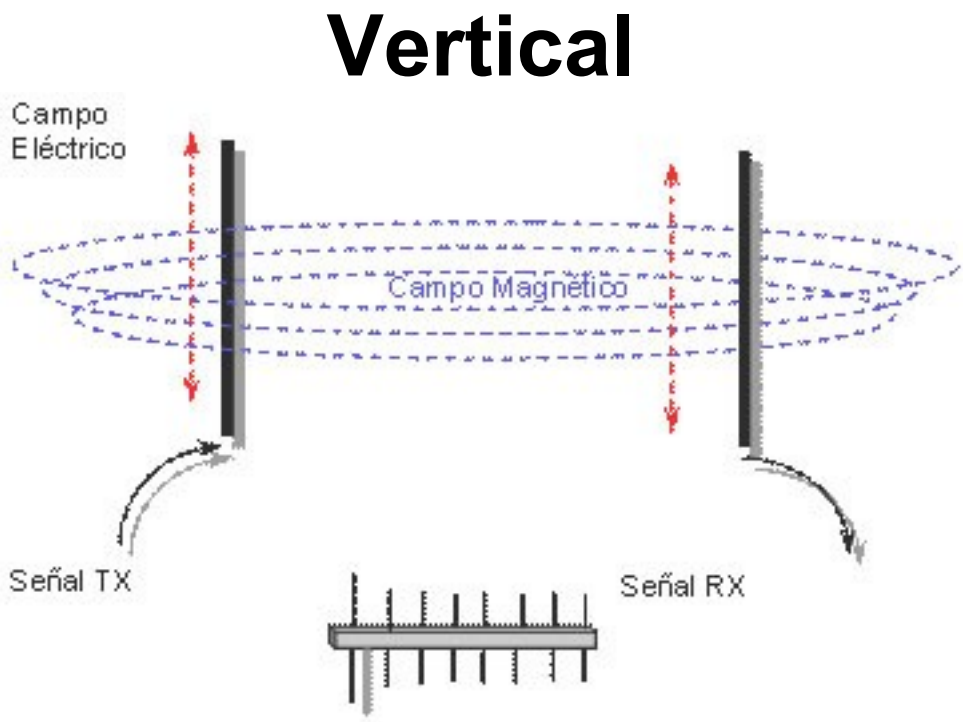
Polarización de antena



- La polarización de una antena corresponde a la dirección del campo eléctrico emitido por una antena.
- Esta polarización puede ser:
  - Vertical
  - Horizontal
  - Elíptica, Circular (RH o LH)

Polarización de antena

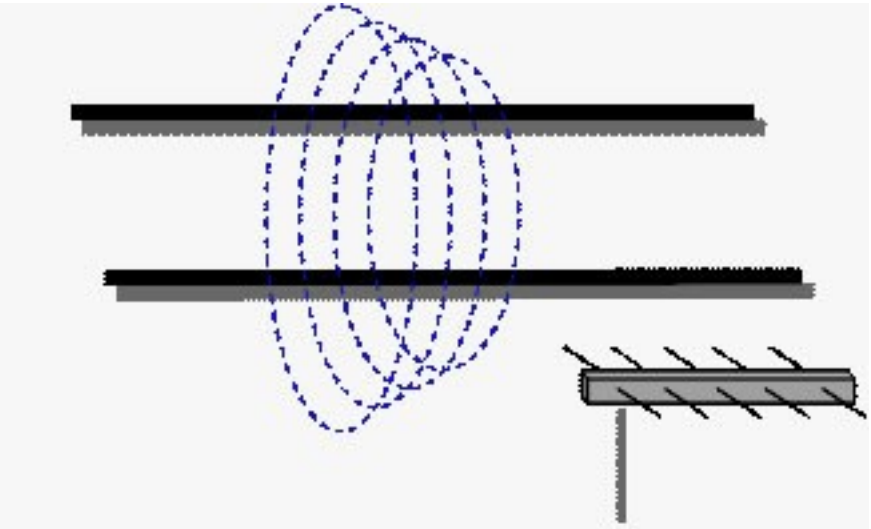
- Si el campo eléctrico permanece en la dirección **vertical** durante toda la trayectoria de una onda, decimos que tiene polarización vertical, cómo es el caso de un dipolo donde el movimiento de los electrones dentro del alambre responde al campo eléctrico y por lo tanto define la polarización.



Polarización de antena

- Si colocamos el alambre horizontalmente, tendremos polarización **horizontal**.

Horizontal



Polarización de antena



Elíptica

- Un caso particular de la polarización elíptica es la polarización circular, la cual puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda.

- Es importante que ambos extremos de un enlace utilicen el mismo sentido de giro en polarización circular. Las antenas helicoidales producen señales con polarización circular.

Polarización de antena



Cruzada

- Ambas antenas de un enlace deben tener la misma polarización para poder acoplarse adecuadamente

- La polarización cruzada tiene lugar cuando un extremo del enlace tiene polarización diferente del otro extremo. La polarización cruzada implica una pérdida de señal que puede alcanzar 20 decibeles.

Otras características



- “Front to Back Ratio” Cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero
  - Generalmente es expresado en dB.
- Pérdida de retorno
  - Es una forma de expresar la desadaptación de impedancias

Otras características



Ancho de banda

- Es el rango de frecuencias en el cual la antena cumple con ciertas características, tales como ganancia o relación de onda estacionaria, garantizando así su funcionamiento adecuado

Tipos de antena



- Una clasificación de las antenas puede basarse en:
  - Frecuencia y tamaño
  - Directividad
  - Construcción física
  - Por tipo de aplicación

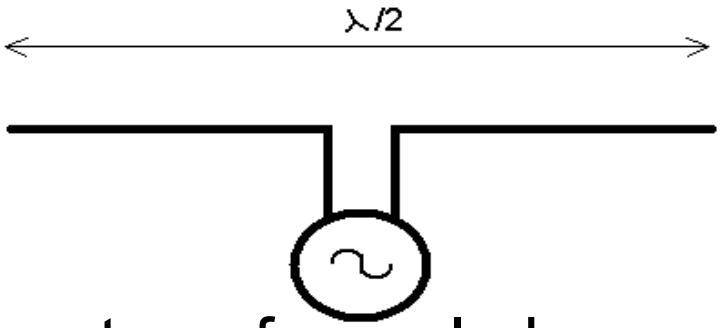
Tipos de antena



- Dipolo de media onda
- Dipolo doblado
- Loop o de lazo
- Log-Periódica (LPDA)
- Omni-direccional
- Sectorial
- Yagi-UDA
- Reflector Parabólico
- Patch o Plana
- Monopolo
- Reflectores planos y de esquina
- Guía-onda
- Helicoidal
- Ranurada

Dipolo de media onda

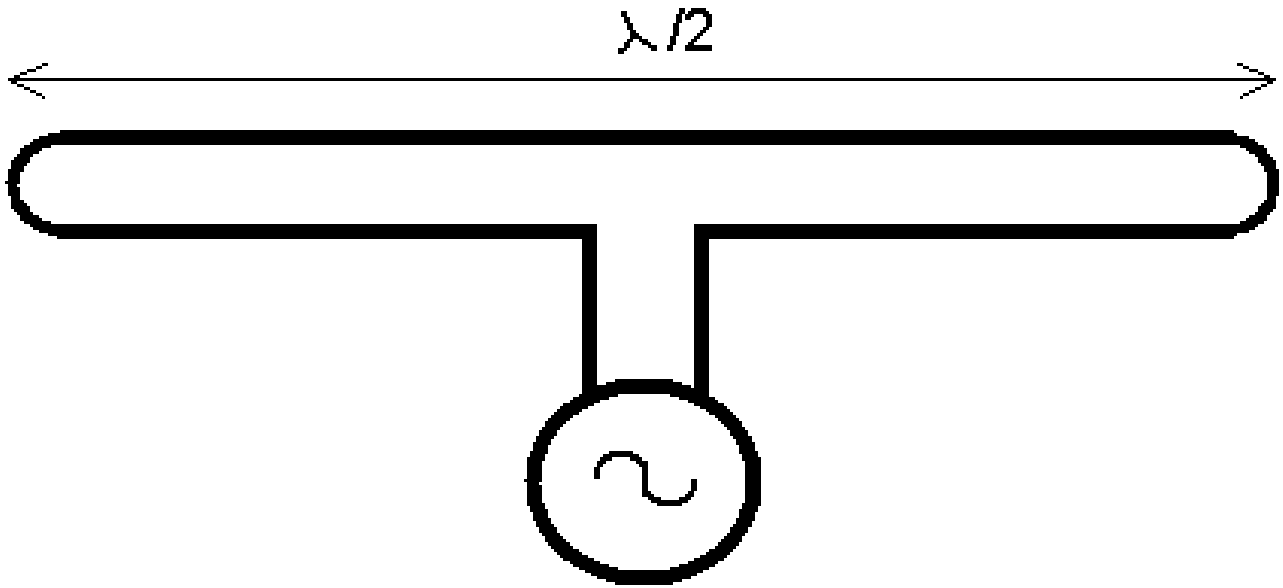
- Está formada por dos trozos de material conductor, cada uno de un cuarto de longitud de onda. Si se conecta a la línea de alimentación por el centro, la distribución de corriente y de voltaje es simétrica y ofrece una impedancia de 72 ohmios.



- Este tipo de antena forma la base de muchas otras, y puede utilizarse para polarización horizontal o vertical, dependiendo de como se disponga.

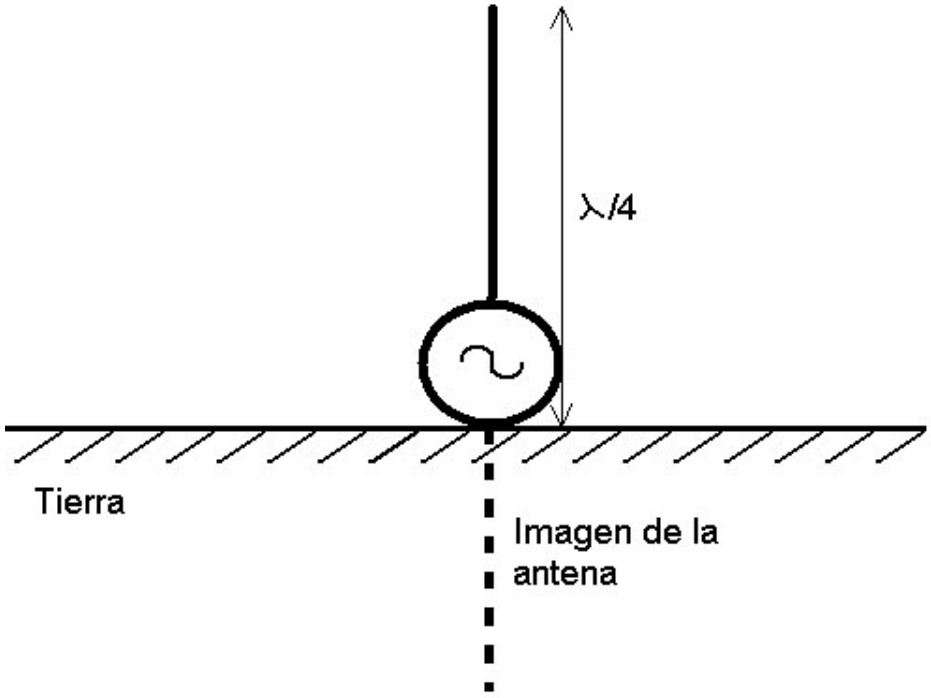
Dipolo Doblado

- Mayor ancho de banda y 4 veces la resistencia de entrada de un dipolo abierto.



Monopolo o Antena Marconi

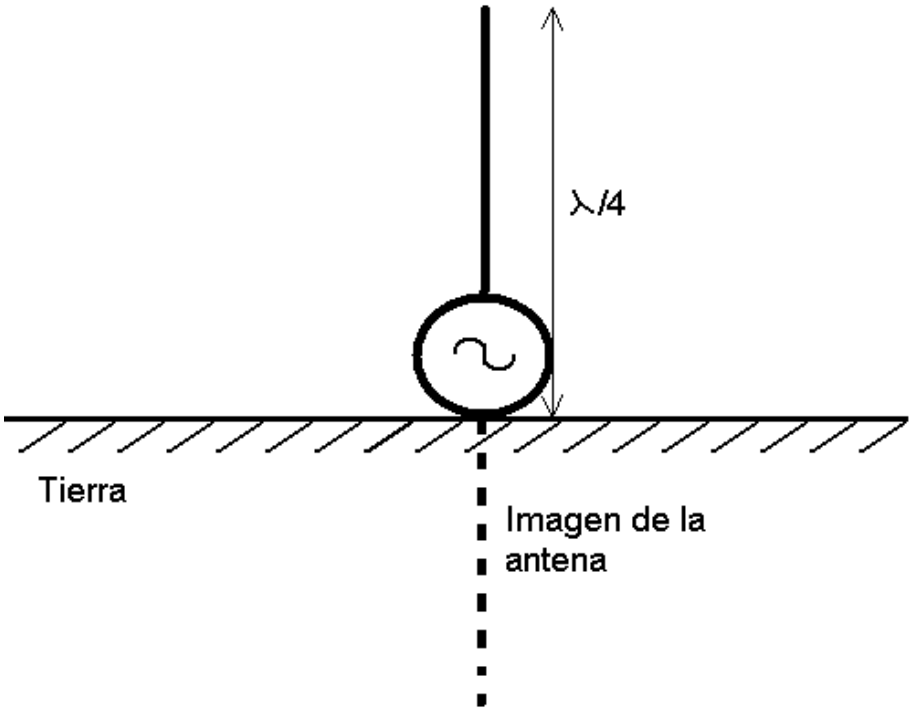
- Un plano conductor infinito refleja la distribución de cargas eléctricas que están por encima de él.



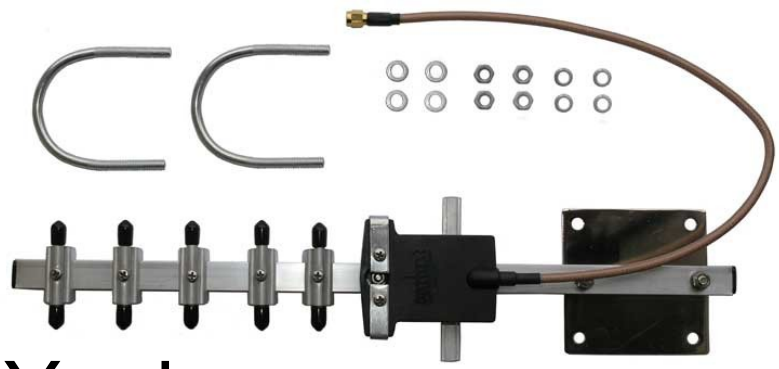
- Esto se apovecha para reducir a la mitad las dimensiones físicas de un dipolo de media onda, aspecto muy importante en radiodifusión AM

Monopolo o Antena Marconi

- Vertical $\lambda/4$
- Se requiere un buen plano de tierra
- Omnidireccional en el plano horizontal
- 3 dBd
- Impedancia: $\sim 36\Omega$



Antena Yagi-Uda

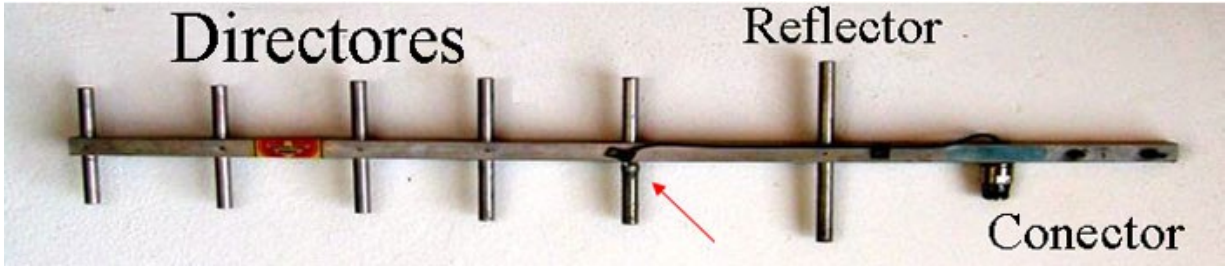


- Yagi
- Elemento principal: Dipolo de media onda
- Directores: Directividad
- Un reflector

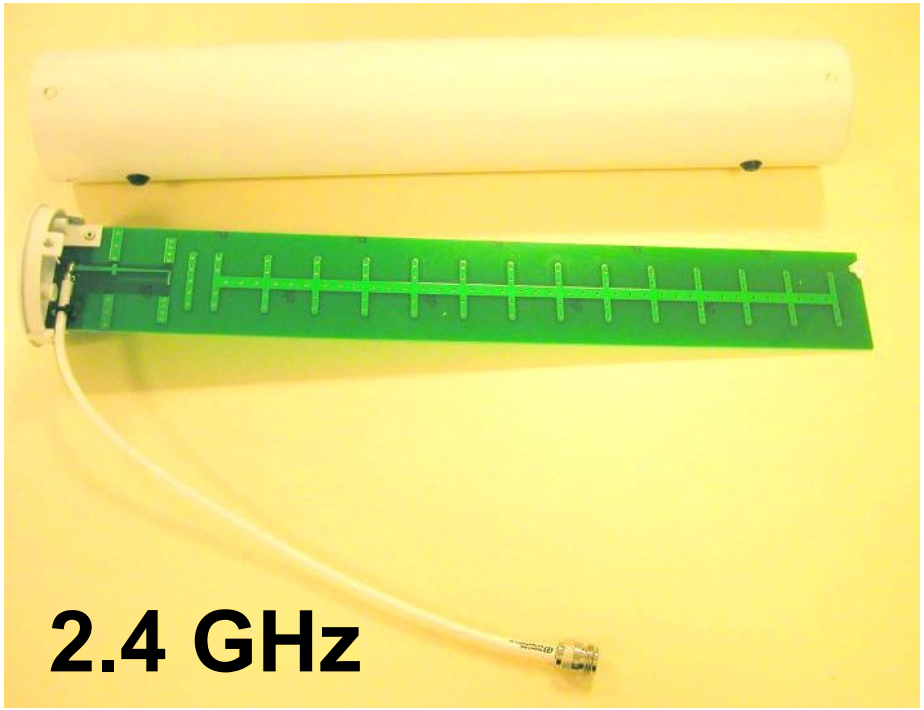
Radome: Permite el paso de las ondas de RF, mientras ofrece protección mecánica



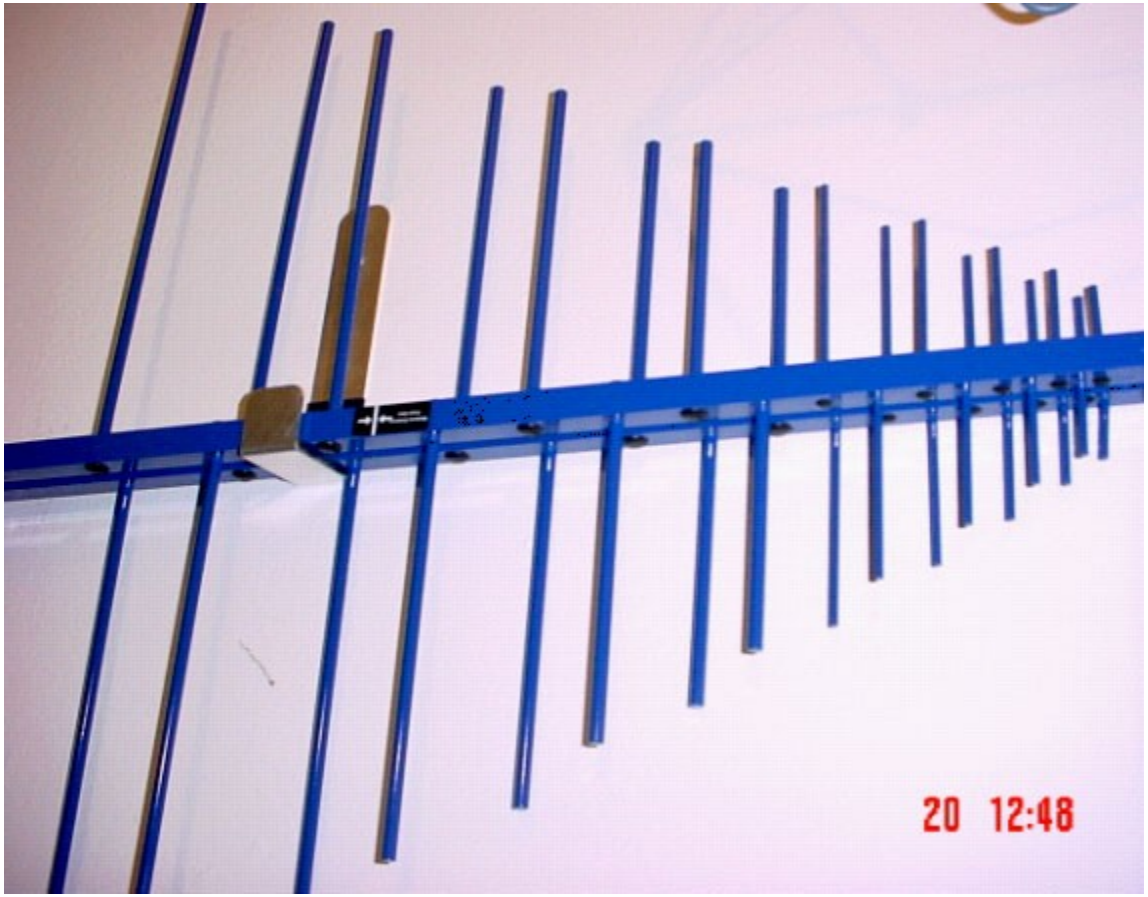
Antena Yagi-Uda



800 MHz



Log-Periódica (LPDA)



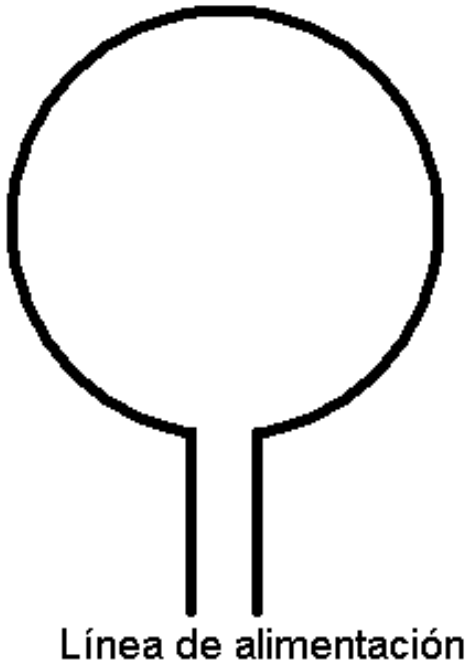
Log-Periódica (LPDA)



- La impedancia es una función periódica de la frecuencia de operación
- Unidireccionalidad y gran ancho de banda
- El elemento más corto es $< \lambda/2$ de la frecuencia más alta, mientras que el elemento más largo es $> \lambda/2$ de la frecuencia más baja
- Ganancia inferior a una Yagi con el mismo número de elementos
- Parámetro de diseño: $\tau = L_1/L_2 = D_1/D_2 = L_2/L_3 = \ldots.$

Antena “loop”o de lazo

- Pequeñas dimensiones
- Mayor radiación en el plano del lazo
- Gran ancho de banda
- Eficiente como antena RX



Antena Omnidireccional

- Diagrama de radiación 360 grados.





- Tienen un campo eléctrico verticalmente polarizado.
- La ganancia es normalmente baja, alrededor de 2 a 12 dBi.

Antena Omnidireccional



- Más adecuada para una amplia área de servicio
- **Tenga cuidado cuando usa antenas Omni:**
  - Considere potenciales problemas con nodos escondidos
  - Considere potenciales problemas con la interferencia

Antenas Omnidireccional

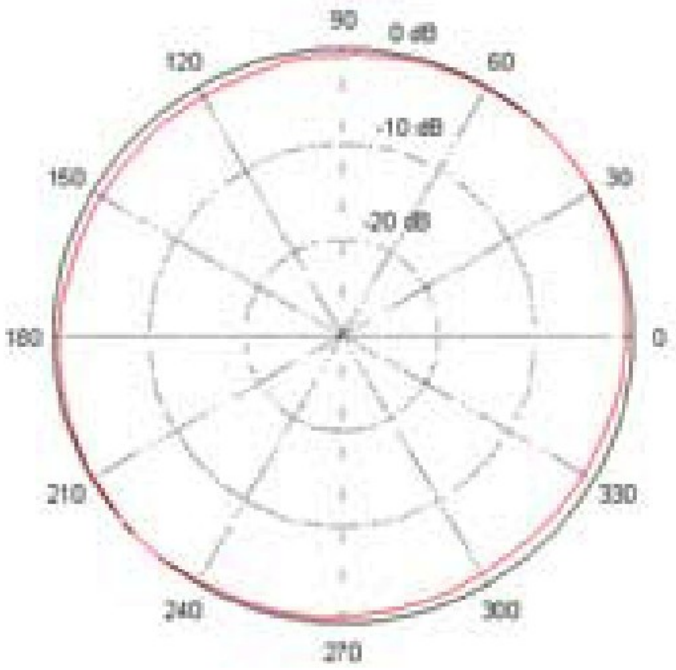
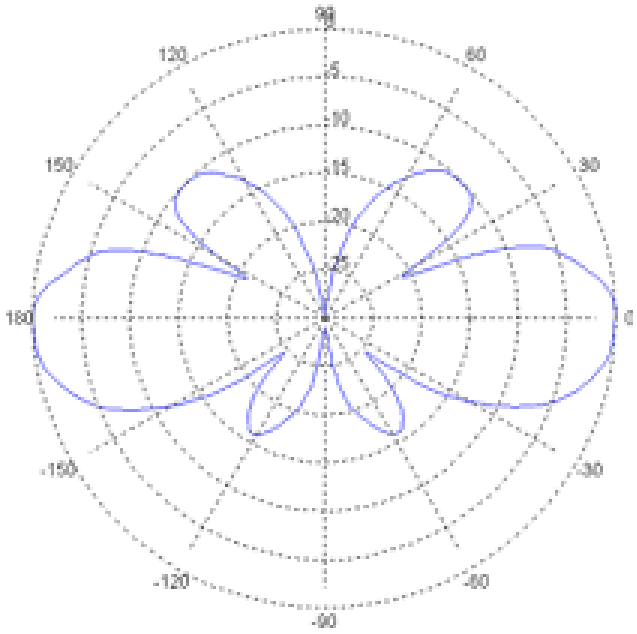


Diagrama de radiación



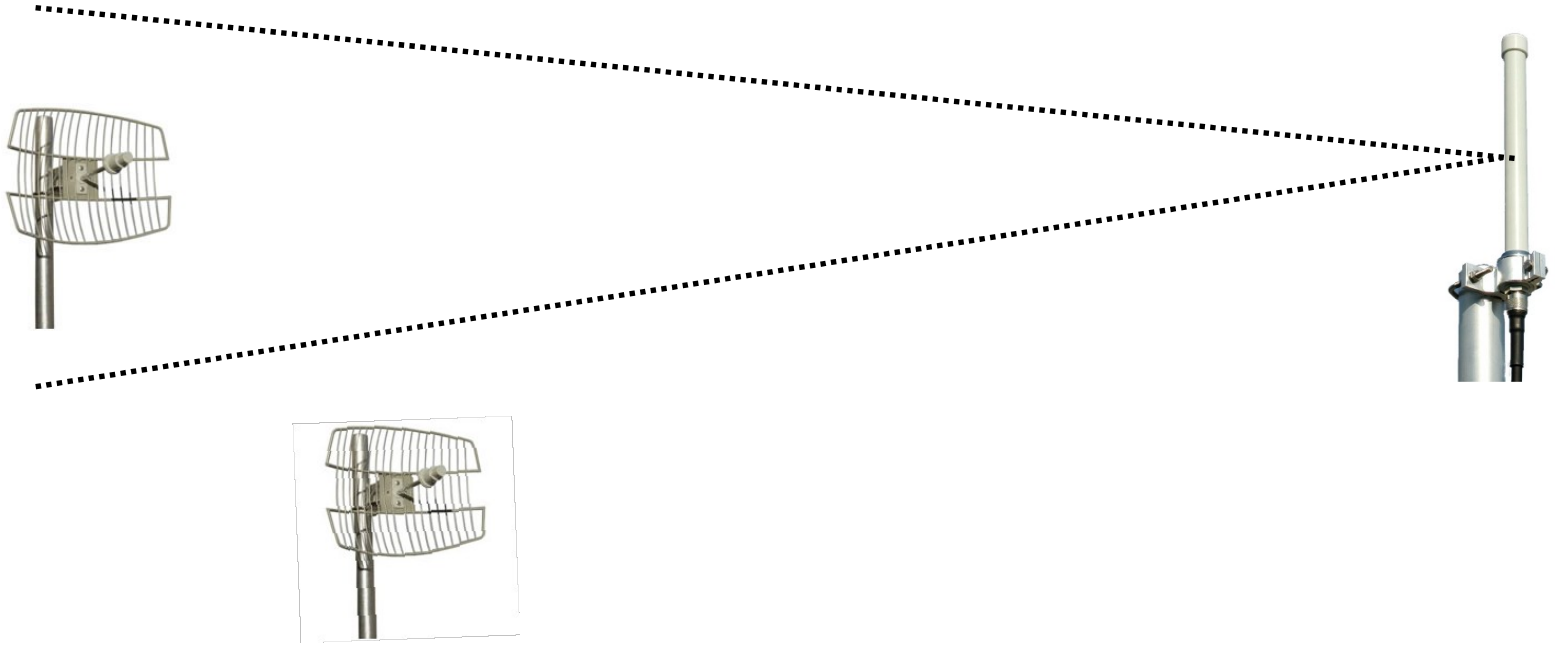
6 dbi

Diagrama de radiación vertical



Antena Omnidireccional

Tratando de maximizar el área de servicio podría tener problemas con nodos muy cercanos a la antena



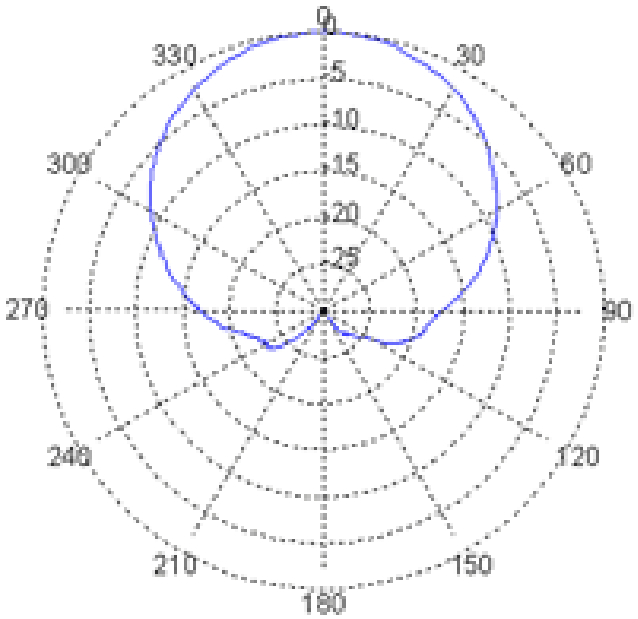
Antena Sectoriales

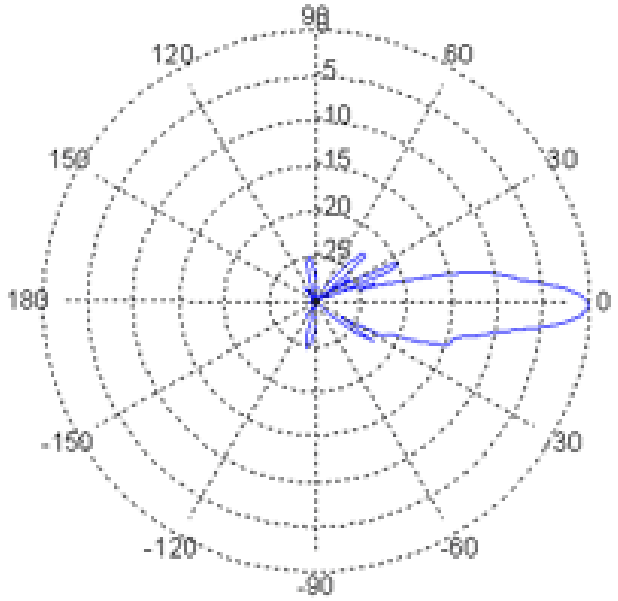


- Usadas en puntos de acceso y para servir enlaces de punto multipunto (PtMP)
- Normalmente polarizadas verticalmente , pero también están disponibles polarizadas horizontalmente
- Ganancia Típica de 10 - 19 dBi

Antena Sectoriales

- Adecuadas para servir un grandes áreas con una densidad alta de conexiones
- Ancho de haz horizontal de aproximadamente entre 30 - 120 º





Antena Sectoriales



- Una antena sectorial con alta ganancia necesita montarse cuidadosamente en lo que respecta al Angulo de inclinación
- Ejemplo:AntennSpecialisten VP870 / 24 antena de paneles vertical 70 °, 16.5 dBi

Antena Sectoriales

- Algunas antenas sectoriales permiten modificar el diagrama de radiación utilizando un reflector



Antena Sectoriales



¿Por qué necesitamos sectorizar?

- Nos permite colocar múltiples puntos de acceso en una torre, y así ofrecer más ancho de banda
- Permite aislar áreas con más alto niveles de ruido de RF
- Pueda separar enlaces de larga y corta distancia (estabilidad)

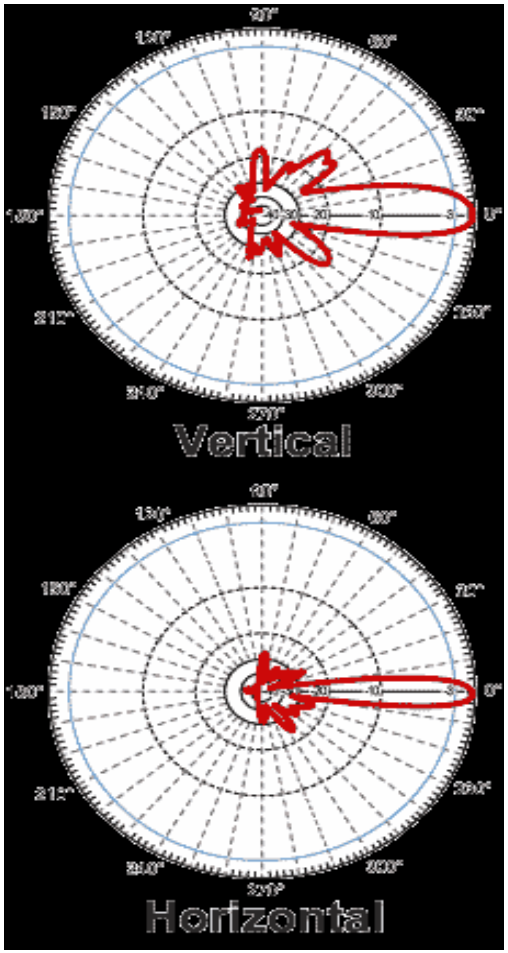
Antena Parabólica



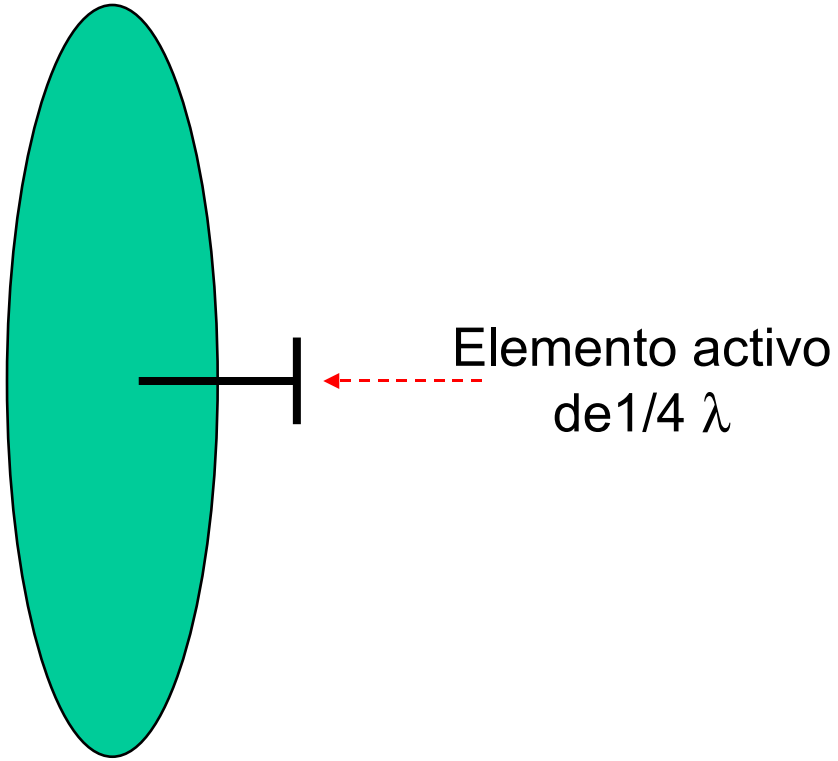
- El reflector puede ser una lámina sólida o perforada, y mientras las perforaciones no excedan de una décima parte de la longitud de onda su efecto en las prestaciones eléctricas de la antena no será notable
- Como la frecuencia de operación depende solamente del elemento activo o alimentador, reflectores utilizados para aplicaciones satelitales a frecuencias más altas pueden perfectamente ser utilizados a otras frecuencias dotándolos del alimentador adecuado

Antena Parabólica




Vertical
Horizontal

Antena Parabólica



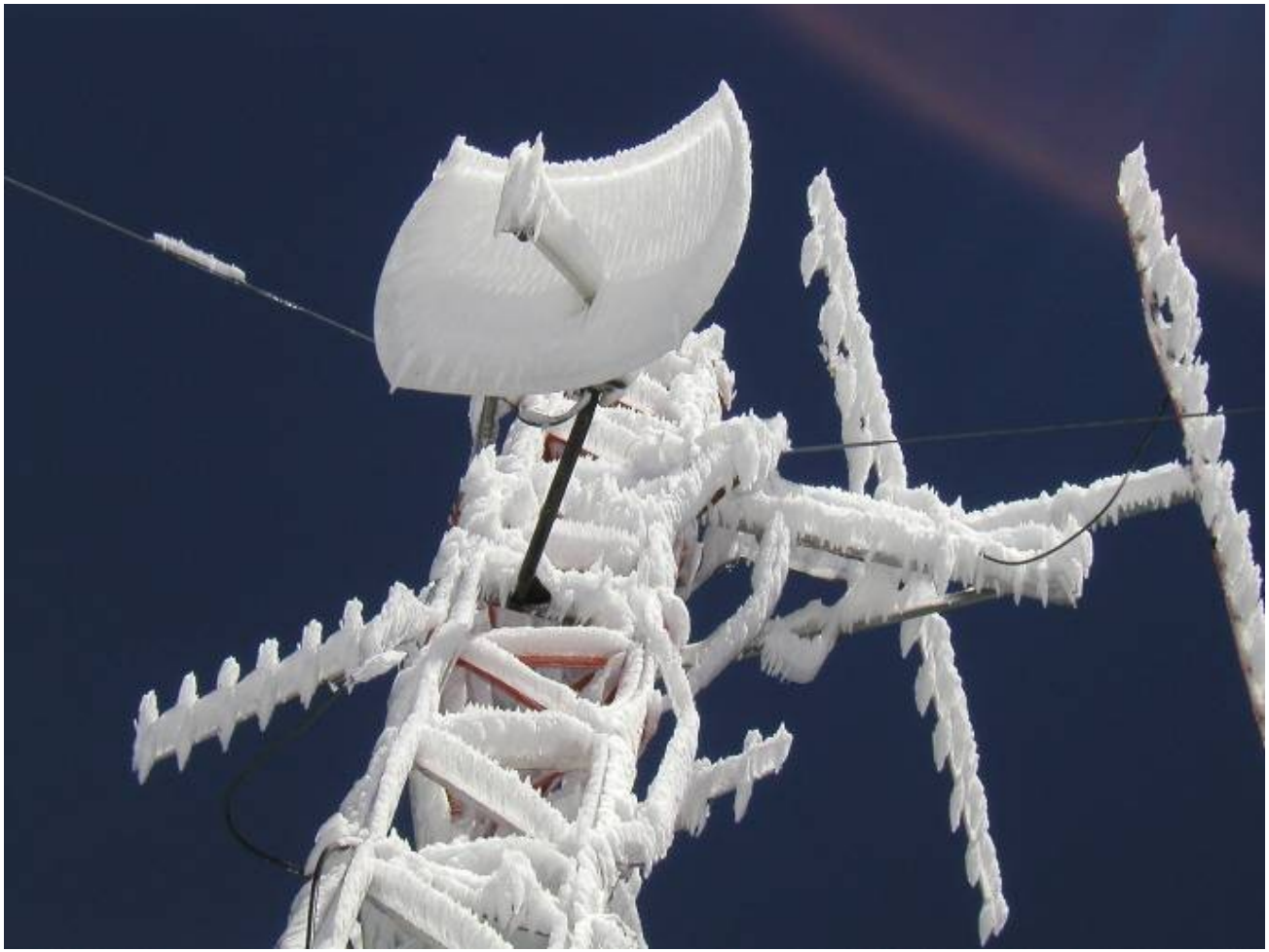
- El reflector Parabólico enfoca la señal
- Puede ser sólido o grillado
- 25 cm - 15dBi
- 1 m X 50 cm - 24 dBi
- 1 m sol - 27 dBi
- 2m sol - 31 dBi
- 3m sol - 37 dBi

Ejemplo de reciclaje
Antena parabólica

- Transceptor colocado en el foco de la parábola
- Alcance de 10 km
- Económico y fácil de construir
- Puede ser utilizado en el interior



Antena colapsada por efecto del hielo

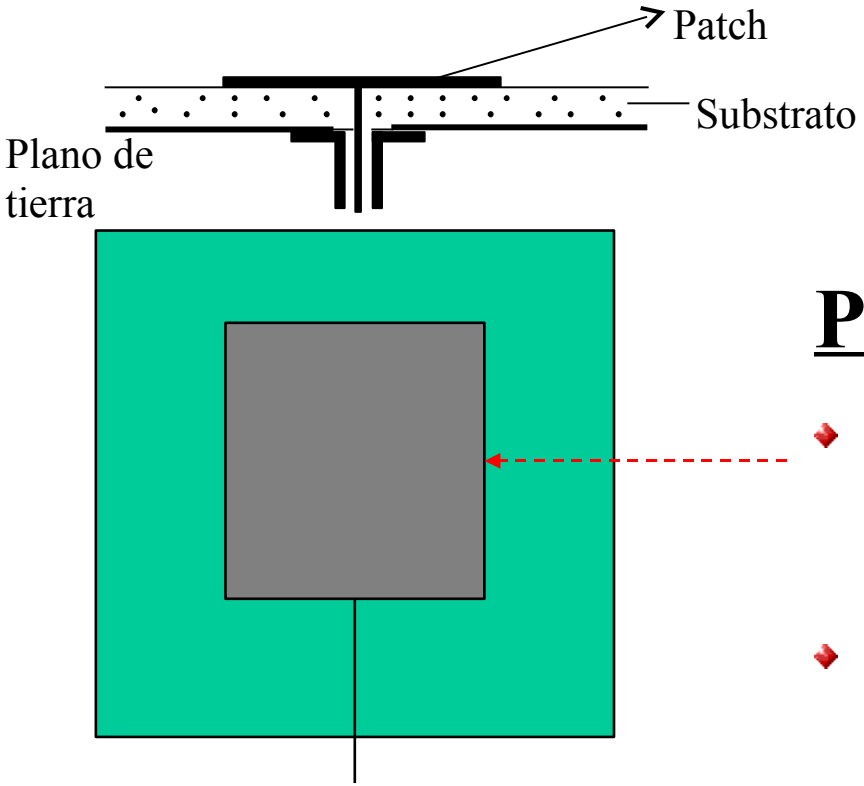


Antena de “Patch” o plana

- Esta antena es muy popular porque es visualmente poco impactante. Se consigue con gananancias de hasta 23 dBi en nuestro rango de frecuencias y a menudo se pegan a la caja que contiene el radio, en un solo objeto.



Antena de “Patch” o plana

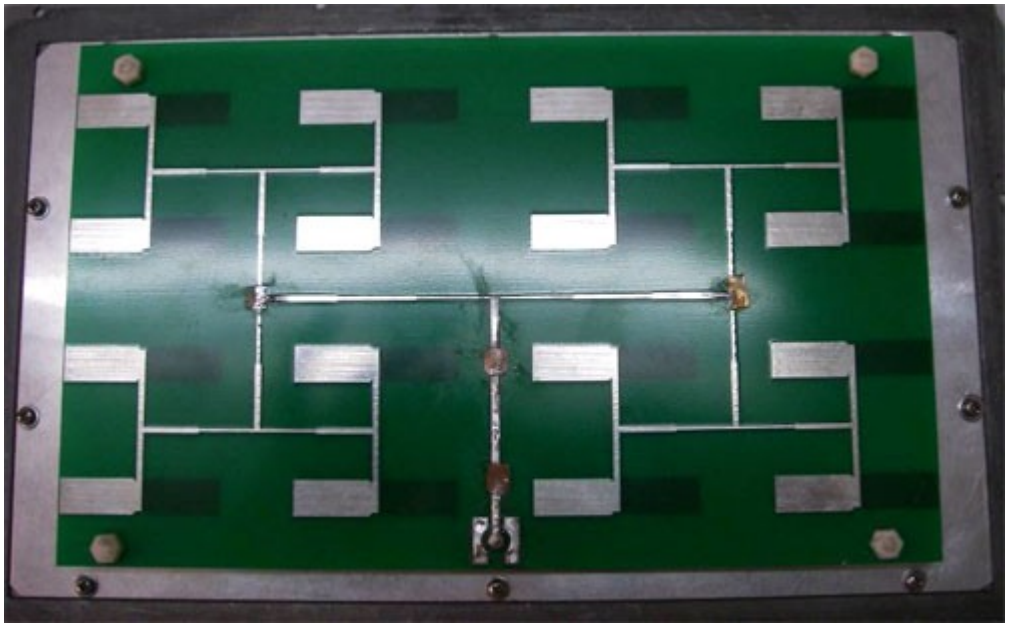


Patch

- Conductor o reflector de 1/4 λ
- 6dBi

Elemento activo 1/4 λ X 1/4 λ

Antena plan de múltiples elementos (Patch)

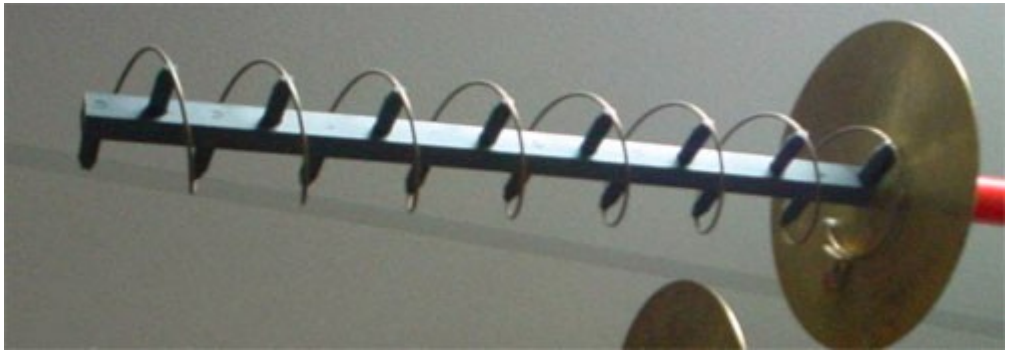


Antena guía-onda





Antena helicoidal y ranurada



Helicoidal

Ranurada

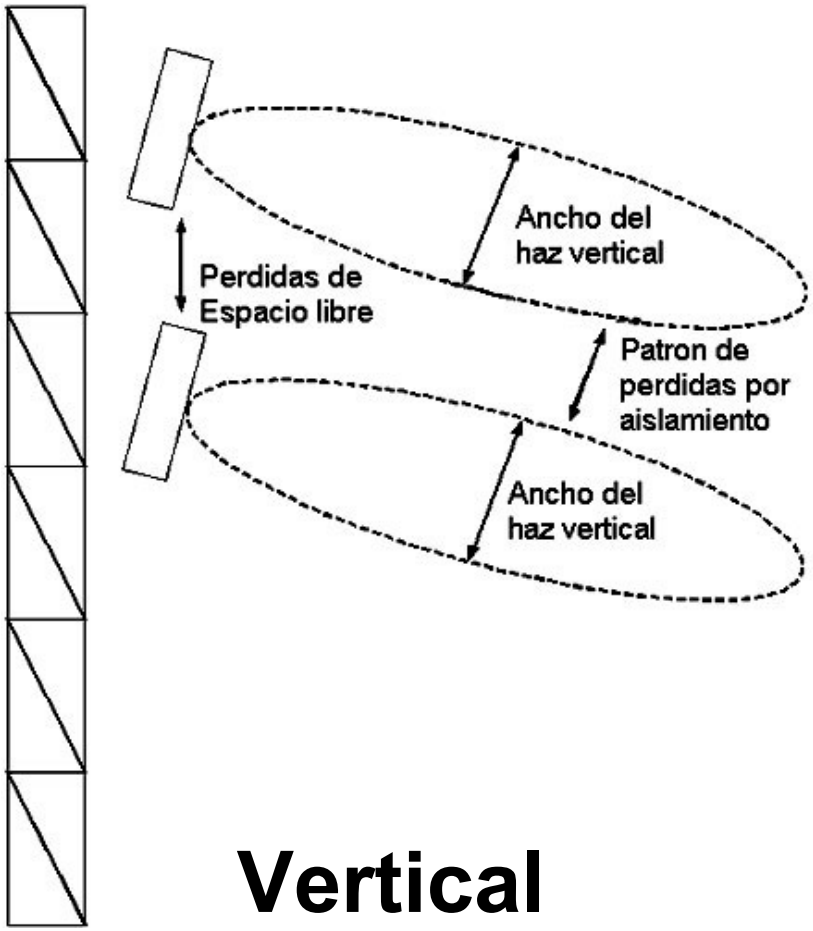


Construya su propia antena

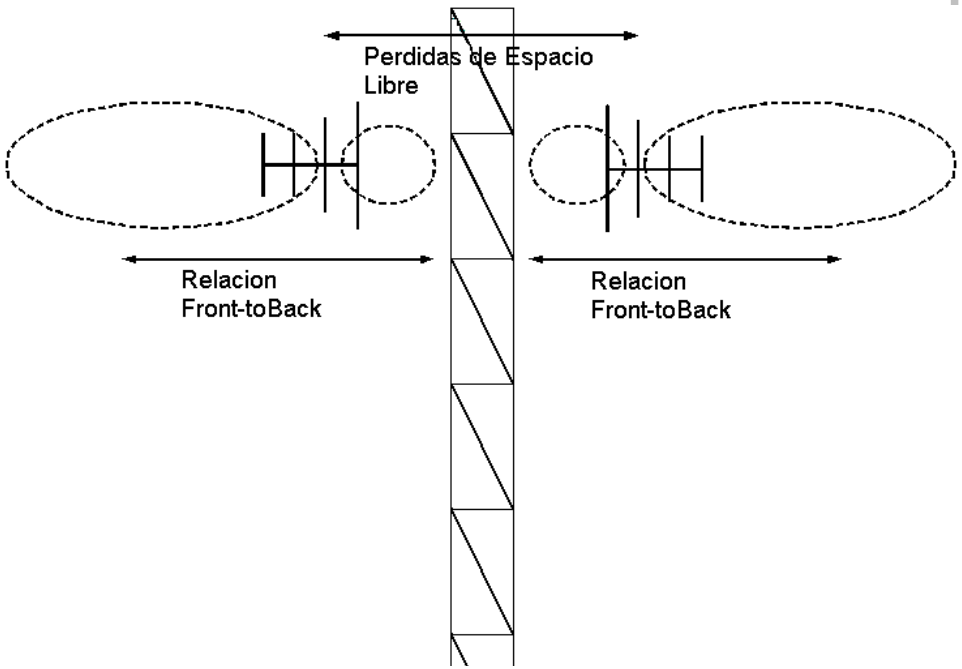


- Las antenas de baratas y de buena calidad pueden ser hechas usando enseres domésticos comunes:
  - Antenas Yagi
  - Antenas de guía de onda (Can Antenna)
- Las instrucciones de la construcción están en el libro “Redes Inalámbricas para Países en desarrollo”, disponible en línea en wndw.net

Aislamiento de antenas



Vertical



Horizontal

Aislamiento de antenas



- Si ponemos las antenas en el mismo plano, tenemos que tomar en cuenta los siguientes aspectos:
  - Pérdida de espacio libre: está directamente relacionado con la distancia entre las antenas en la torre. Es la pérdida de energía de señal entre las dos antenas en el espacio libre
  - Patrón de perdidas de aislamiento: está relacionado con la forma de cada uno de los haces (ancho del haz)

Conectores para cable coaxial





Para conectar el radio al cable coaxial y el cable coaxial a la antena, tiene que escoger conectores apropiados, en función de :

- Tipo: se refiere a la forma genérica del conector
- Género: puede ser macho (Male) o hembra (Female)
- Polaridad: normal o invertida (RP)
- Rosca: Normal o invertida (RT)

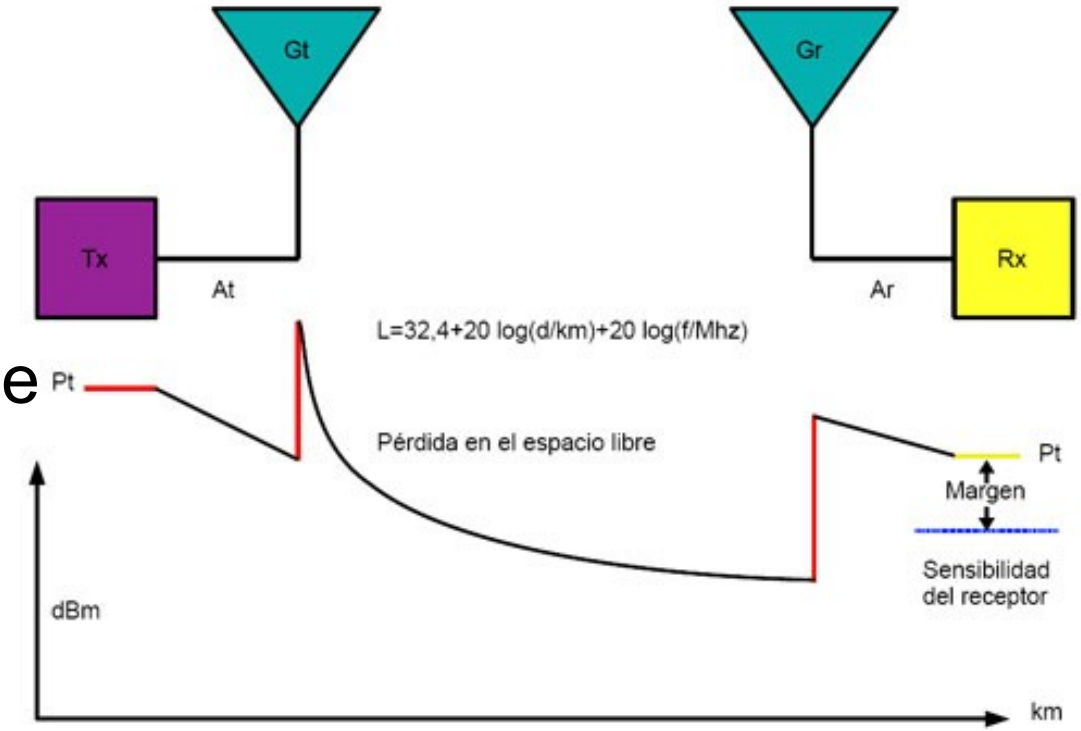
Conectores para cable coaxial



- Gran número de tipos
- Buen conector: 0.1 dB
- Conector malo: algunos dB
- Invierta en buenos conectores

Pérdidas de trayectoria

- Para llegarle al receptor con una señal suficientemente fuerte a fin de garantizar una determinada tasa de error, es necesario minimizar las pérdidas en los cables de antena y en los conectores.



Cables y señales de RF



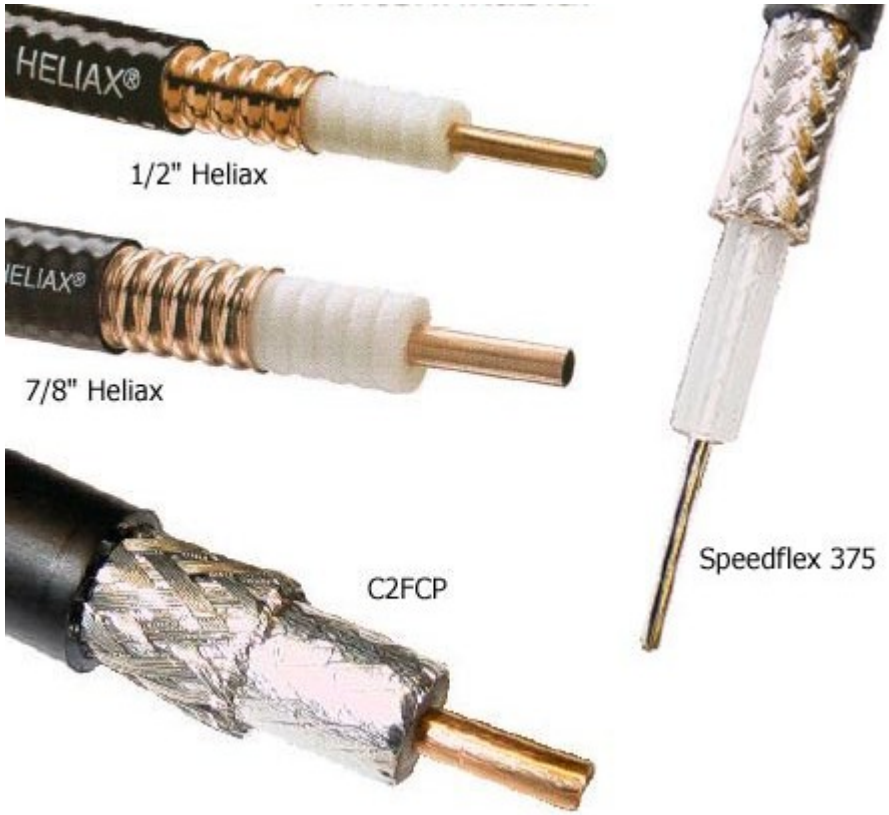
- La impedancia no depende de la longitud del cable
- La máxima transferencia de la energía entre el transmisor y la antena solamente tiene lugar cuando todos los elementos de circuito poseen todos la misma impedancia

Cables y señales de RF



- En los equipo de comunicación de datos (incluyendo WiFi) la impedancia es siempre 50 Ω (ohmios)
- En televisión se usan cables coaxiales con impedancia de 75 ohmios

Pérdida en cables y conectores

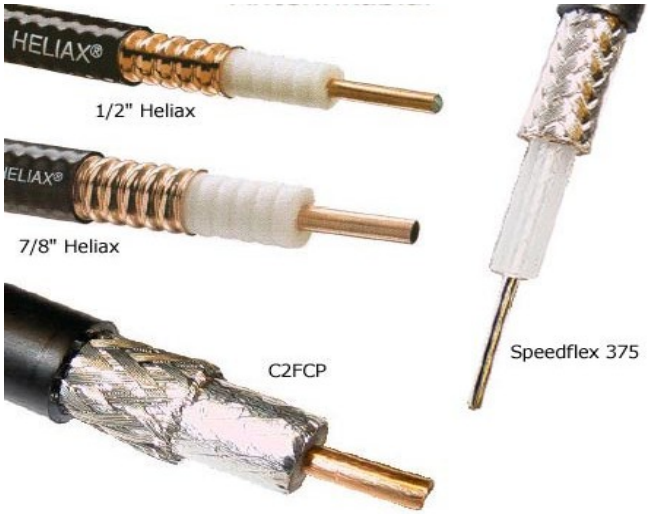


Cables Típicos:

- LRM400 / 600
- Heliax
- Speedflex 375

Pérdida en cables y conectores

Tipo de cable	Pérdida por metro a 2,4GHz
RG 8	0,33 Decibeles
LMR 400	0,22 Decibeles
Heliax 3/8"	0,176 Decibeles
LMR 600	0,17 Decibeles
Heliax ½"	0,12 Decibeles



Pérdida en cables y conectores



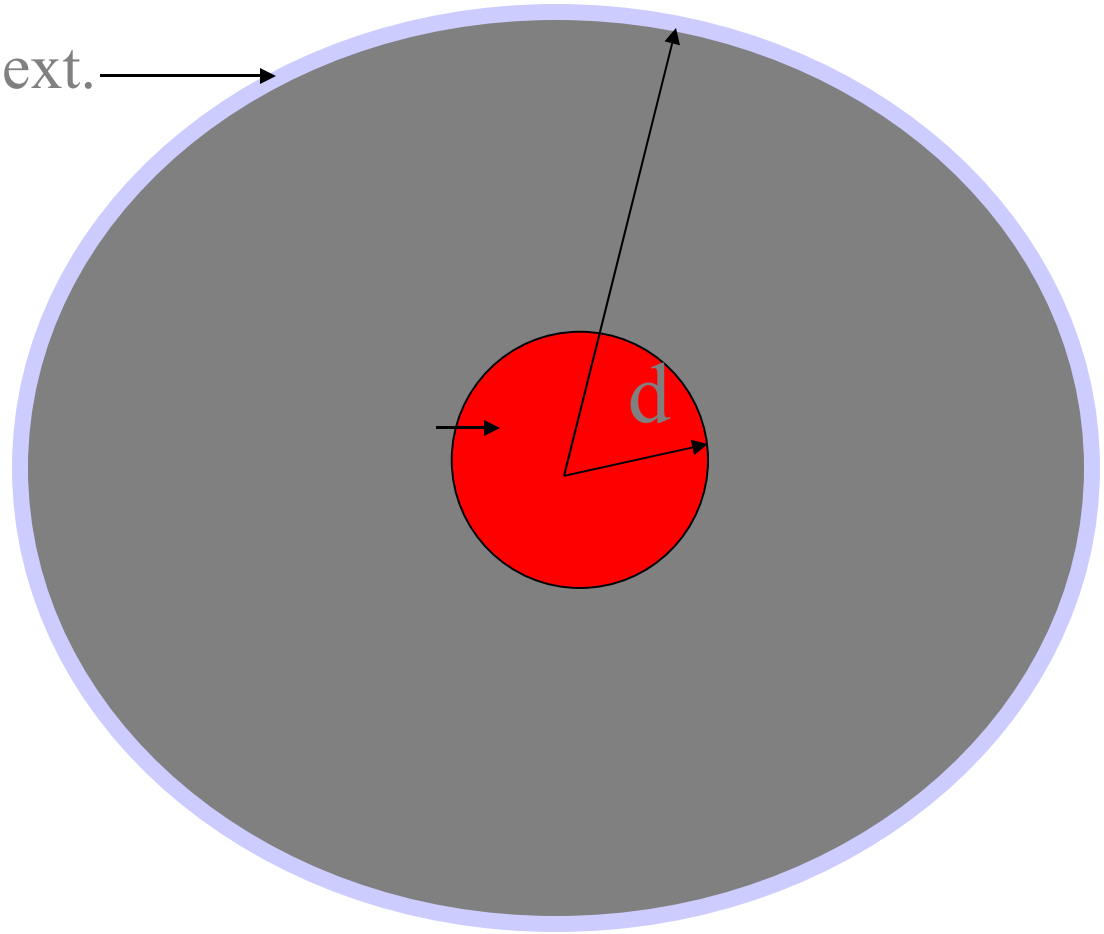
- Cuando usted escoge un cable tiene que considerar algunos factores tales como:
  - ¿Cuán largo es el cable que se necesita?
  - ¿Necesita doblar el cable en ángulos agudos?
  - ¿Necesita importar el cable del exterior?

El cable coaxial



- Formado por un conductor central recubierto por un tubo conductor flexible
- El espacio entre los dos conductores es mantenido por aisladores espaciados o continuos, el material del aislante (dieléctrico) afecta la capacitancia y por ende la atenuación
- El tubo exterior puede ser en forma de malla y siempre irá recubierto por otro aislante y protector.

El cable coaxial



Pigtails y adaptadores de conectores



- Los *pigtails* o latiguillos tienen dos conectores por lo que sirven como adaptadores y para disminuir la tensión mecánica
- Pérdida de 0.2 - 1 dB
- Cable corto y flexible utilizado para unir:
  - Un radio con una antena
  - Un radio con un cable largo y grueso
- Adaptador de conectores: una unidad con dos tipos de conectores: 0.1 - 0.2 decibeles de pérdidas

Pigtails / Adaptador de Conectores

- Una pigtail es un cable coaxial de pequeña longitud con un conector en cada punta para facilitar la conexión entre radios y antenas o radios y cables de largo alcance.





Conclusiones



- Las buenas elecciones en equipamiento dependerán de su habilidad de comprender tantos los diagramas de radiación como el presupuesto del enlace pero también el tipo del servicio hacia el que usted desea llegar.

Conclusiones



- Los cinco puntos principales que usted debe recordar de esta unidad se pueden resumir en:
  1. El significado del diagrama de radiación, presupuesto de potencia, tipos de antenas y cables
  2. La necesidad de la eficiencia espectral y el cumplir con las regulaciones sobre potencia máxima transmitida. No usar más potencia de la necesaria porque perjudica a otros usuarios

Conclusiones



3. La diferencia entre antenas directivas y antenas de amplia cobertura
4. La importancia de evitar las reflexiones de señal, manteniendo siempre la impedancia de 50 ohmios en conectores, cables y antenas
5. Cómo cuidar de sus cables y conectores debido a que son un punto de falla muy común

Unidad 09: Simulación de Radioenlaces para Exteriores

Autor: *Alberto Escudero Pascual, IT +46*
(Iniciandose con el "Radio Mobile") Traducido por: *Américo Sánchez C, CEPES*

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Información de propiedad intelectual..... 2
1.2 Grado de dificultad..... 2
1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. ¿Qué es Radio Mobile?..... 3
4. ¿Qué es SRTM?..... 3
5. Instalando Radio Mobile 7.9.4..... 4
6. Diseñando con Radio Mobile..... 4
6.1 Posición y Cartografía..... 5
6.2 Propiedades y topología de la red inalámbrica..... 7
6.2.1 Creando una red lógica..... 8
6.2.2 Creación de especificaciones de sistemas..... 9
6.2.3 Crear y posicionar unidades..... 11
6.2.4 Membresía de red..... 12
6.3 Análisis de presupuesto de Radio Enlace..... 13
6.4 Área de cobertura..... 16
7. Conclusiones..... 16
8. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 17

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información de propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

En la unidad “Prospección de sitio” discutimos la necesidad de hacer una buena prospección de sitio antes de comprar equipamiento. Una típica prospección de sitio incluye detalles acerca de la existencia de infraestructura física y técnica, licencias para el uso del espectro, acceso a la electricidad y a Internet, etc. Un estudio de viabilidad de su red puede y debe incluir una simulación del diseño propuesto.

Simulando el despliegue de su red, usted será capaz de evaluar la viabilidad de una arquitectura de red (topología) y estimar el número de nodos necesarios para cubrir una determinada área. Esta

unidad sirve como una introducción al software “Radio Mobile”, una herramienta para simulación de radio para exteriores.

3. ¿Qué es Radio Mobile?



Radio Mobile es una herramienta de software escrita por Roger Coudé (VE2DBE) para predecir el desempeño de sistemas de radio en exteriores.

Aunque fue inicialmente concebido para sistemas de radio aficionados tradicionales (comunicaciones de voz y datos en UHF y VHF), permite cálculos de presupuesto de enlaces en un amplio rango de frecuencias y es usada también por profesionales.

Radio Mobile usa modelos digitales de elevación de terreno (mapas digitales) para calcular automáticamente el perfil del trayecto entre el transmisor y el receptor.

El software usa el Modelo del Terreno Irregular (ITM por su siglas en inglés) para propagación de radio. El modelo ITM de Longley-Rice (1968) es un modelo de propósito general basado en la teoría electromagnética y el análisis estadístico de las características del terreno. Radio Mobile utiliza el modelo ITM, y debido a que el modelo es válido en un rango de 20MHz a 20GHz el software puede ser usado para predecir la atenuación de las señales de radio en sistemas WLAN Y WMAN.

Radio Mobile no sólo calcula presupuestos del enlace sino también produce una variedad de mapas virtuales, vistas 3D, vistas estereoscópicas y hasta animaciones. Además, proprciona toada la información necesaria para alinear las antenas tanto en el plano horizontal como vertical.



Si va a usar Radio Mobile para sus simulaciones, descargue todos los mapas requeridos antes de ir al campo. Podría requerir de 2 a 10 MB de cartografía digital.

4. ¿Qué es SRTM?

SRTM son las siglas de Shuttle Radar Topography Mission y es un proyecto de la NASA que proporciona información topográfica digital gratuita. Esta cartografía contiene muestras de datos de alturas obtenidas por radar.

Para Latinoamérica, las imágenes tienen una resoilución de 3 segundos de arco correspondiendo a unos 90 metros.

5. Instalando Radio Mobile 7.9.4[1]

Radio Mobile está escrito en Visual Basic y requiere que se instale el Visual Basic Runtime (Service Pack 6); descargue el "**vbrun60sp6 "**, instálelo y reinicie su computador.

Una vez que tenga el Visual Basic Runtime instalado, descargue los siguientes archivos:

- Ejecutables de Radio Mobile (**rmw794.zip**)
- Complementos de Radio Mobile (**sup.zip**)
- Ejemplos de redes de Radio Mobile (**net.zip)**

Son necesarias tres librerías adicionales (**DLLs**) para funcionalidad extra:

- Para salvar las imágenes en formatos jpeg, tiff y png: (**freeimage.zip**)
- Para la descarga automática de archivos SRTM comprimidos en ZIP (**unzip32.zip**)
- Para trabajar con Acimut relativo al Norte Magnético (**geoStarsLib.zip**)

Como el software no incluye un instalador, lo más fácil es crear una nueva carpeta C:\Archivos de programa\RM794 y descomprimir todos los archivos allí.



Puede encontrar todos los enlaces del software aquí:http://www.cplus.org/rmw/download.html

Asegúrese de tener el Visual Basic Runtime instalado.Radio Mobile no incluye un instalador, cree una nueva carpeta C:\Archivos de programa\RM794 y descomprima todos los archivos allí.

6. Diseñando con Radio Mobile

Como un corto tutorial de Radio Mobile, nos enfocamos en cuatro tareas que nos permitirán descubrir todo el potencial del software:

1. Posición y Cartografía:
   - ¿Cuál es el **lugar**?
   - ¿Qué **mapas** podemos usar? *(ver sección 6.1)*
2. Propiedades y topología de la red inalámbrica:
   - ¿Qué **tipo** de **equipamiento** queremos usar?
   - **¿Dónde** ubicaremos las unidades de radio? *(ver sección 6.2)*
3. Análisis del presupuesto del enlace:
   - ¿Cuales **son las prestaciones** de cada enlace? *(ver sección 6.3)*
4. Áreas de Cobertura:

1. Para junio de 2007, la última versión del software es la 8.0.5, y también existe una versión en español.

- Cuál es la **máxima distancia** que podemos cubrir? *(ver sección 6.4)*

6.1 Posición y Cartografía

File > **Map Properties**

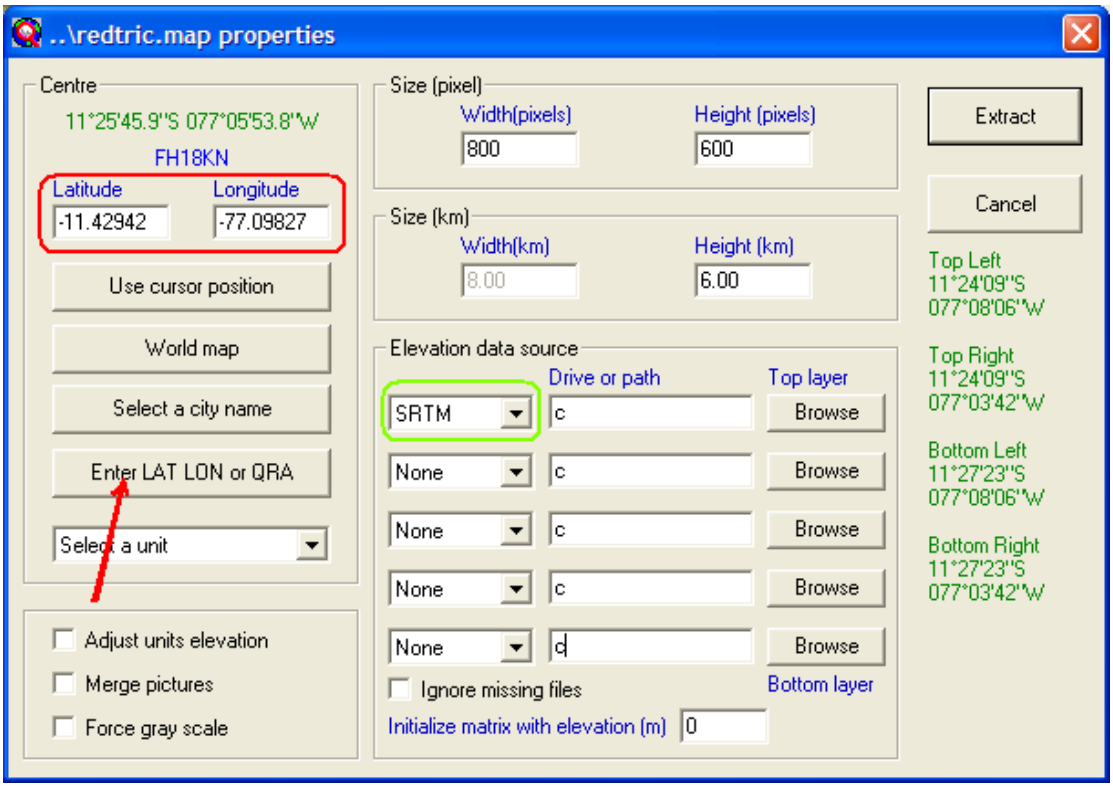


Figura 1: Insertando su posición GPS y la fuente de cartografía digital

1. Con la ayuda de un GPS o de Internet, encuentre las coordenadas de su lugar de estudio. Incluya la latitud (LAT) y la longitud (LON) (flecha roja).
2. Escoja qué **tipo** de mapas digitales quiere usar, el SRTM (área encerrada en color verde) es un buen valor por defecto. El proyecto de la NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) contiene información de elevación de escala global y es una de las más completas base de datos topográficas digitales de alta resolución.
3. Defina la resolución del mapa y el área de simulación (km):
    - Establezca el tamaño [px] (buen valor por defecto es 800x600)
    - Establezca el área [km] que quiera abarcar (un buen valor por defecto es 8km x 6 km)

Ahora vamos a:

Options > Internet

En este menú, seleccionará las fuentes por defecto para las imágenes digitales SRTM y especificará si quiere guardar una copia local de las mismas. En el ejemplo, estoy descargando los archivos SRTM de la NASA desde un sitio ftp (área encerrada en color rojo) y almacenando los archivos en E:\rmdata\srtm200704 cuando se descargan.

En nuestro ejemplo, estamos usando SRTM como fuente de cartografía digital:

1. Use uno de los sitios de descarga predefinidos de mapas SRTM o ingrese su propia URL (flecha roja).
2. Almacene los archivos localmente cuando descarguen, indique el directorio de descarga E:\rmdata\srtm200704 (área encerrada en color verde).



Si quiere usar los más recientes mapas SRTM versión 2, use la siguiente URL: ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South_America. Si tiene problemas para descargar los mapas, asegúrese de que no está detrás de un firewall que bloquee FTP pasivo.

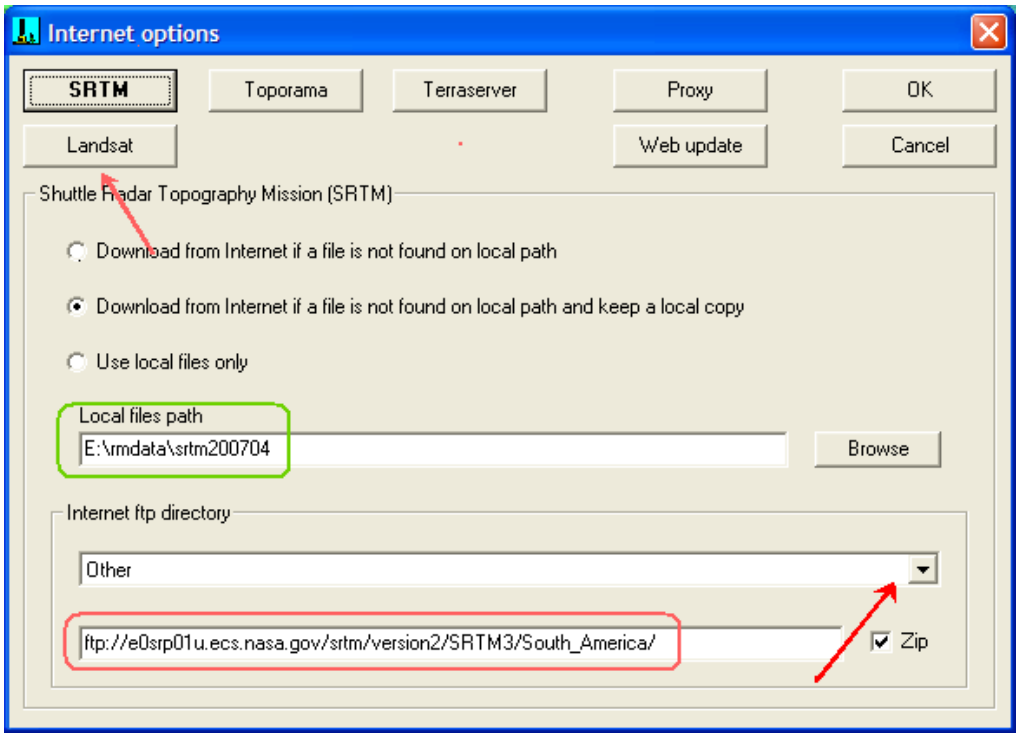


Figura 2: Escogiendo la fuente de cartografía SRTM

6.2 Propiedades y topología de la red inalámbrica

Vale la pena tomarse el tiempo de entender la diferente terminología que Radio Mobile usa en el software:

- **Network**: (red) una red es un grupo de unidades de radio operando a una frecuencia dada (rango) bajo las mismas condiciones de clima y terreno.
- **System**: (sistema) una especificación de un sistema incluye una unidad de radio, antenas, cables, pérdidas y alturas de torres. No es la unidad de radio física en sí misma, es una especificación funcional que puede estar asociada a unidades físicas. En Radio Mobile, un "sistema" es un kit de radio predefinido.
- **Unit**: (unidad) el equipamiento de cierto tipo de "sistema" que colocamos en una ubicación física específica.
- **Membership**: (membresía) el acto de definir qué unidades son miembros de una red y cuáles son sus especificaciones (sistema).

Imagine el siguiente escenario:

- Ubique una unidad de radio repetidora en el alto de un cerro e interconecte a dos unidades clientes (Cuyo y Huayan)[2] La red está compuesta de tres unidades (Repetidor Prueba + Cuyo + Huayan)
- Tenemos dos tipos de sistemas, uno con una antena omnidireccional y alta potencia de salida y un segundo tipo de sistema con una antena direccional y potencia de salida media. Llamaremos estos sistemas *(Sistema Repetidor 1 W)* y *(Sistema Cliente 0.03 W).*
- Queremos usar una unidad de tipo (Sistema Repetidor 1 W) en el repetidor, y dos unidades (Sistema Cliente 0.03 W) como clientes, en Cuyo y Huayan.
- Estamos buscando el mejor lugar para el repetidor. Llamaremos a esta red (Mejor Repetidor) y operará en la banda de 2.4 GHz. Miembros de esta red son: Repetidor Prueba, Cuyo y Huayan.

Las siguientes configuraciones se hacen en **Network Properties y Unit Properties**

1. Creación de una nueva "red lógica" (Crear red: Mejor Repetidor) *(ver sección 6.2.1)*
   - **File > Network Properties > Parameters**
2. Definir los tipos de sistemas que va a tener la red (Crear Sistemas: Repetidor 1 W, Cliente 0,03 W) *(ver sección 6.2.2)*
   - **File > Network Properties > Systems**
3. Crear y ubicar las unidades en una locación física (Crear y posicionar Cuyo, Huayan, Repetidor Prueba) *(ver sección 6.2.3)*

2. Ambos son telecentros del proyecto SIA Huaral.

- **File > Unit Properties**

4. Asociar unidades a una red. Asociar unidades a una especificación de "sistema". *(ver sección 6.2.4)*
   - **File > Network Properties > Membership**

6.2.1 Creando una red lógica

File > Network Properties > Parameters

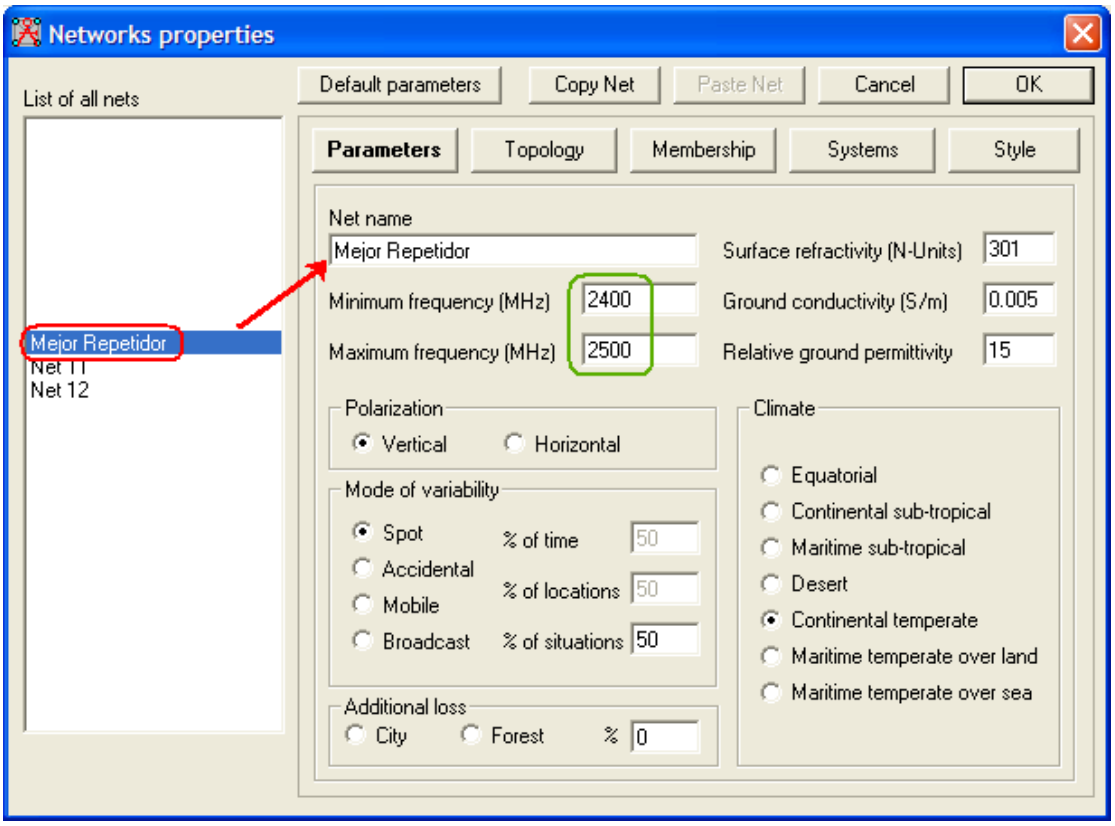


Figura 3: Creando una nueva "red lógica"



Crear una nueva red lógica sólo requiere que especifique el rango de frecuencia **(área encerrada en color verde)** y el nombre de la red **(flecha roja).**

Aunque hay muchos otros parámetros que puede configurar en esta sección, preste especial atención a la *frecuencia de operación.*

6.2.2 Creación de especificaciones de sistemas

File > Network Properties > Systems

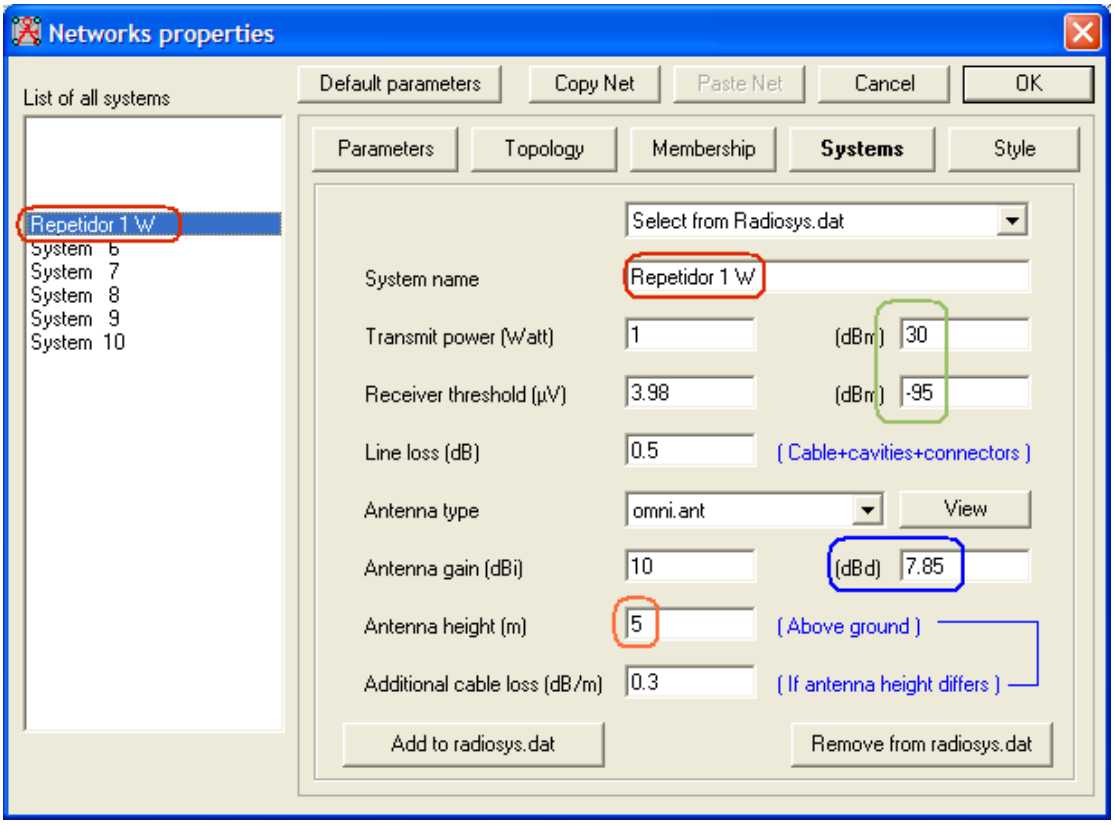


Figura 4: Creando el nuevo sistema “Repetidor 1 W”

Revise la hoja de especificaciones del equipamiento que planea usar e ingrese los valores correspondientes.

Vamos a crear dos tipos diferentes de sistemas: un sistema repetidor operando con 1 W y uno de tipo cliente operando a 0.03 W.

En este ejemplo estamos considerando un primer sistema (Repetidor 1 W) con una potencia de salida de 30dBm y una sensibilidad de receptor de -95dBm para 2Mbps **(área encerrada en color verde)**.

Para esta especificación estamos considerando un valor por defecto de:

- 0.5 dB de pérdida (pigtail y conectores)
- 5 metros de cableado (**área encerrada en color naranja)**
- una antena omnidireccional de 10 dBi (6,85 dBd) de ganancia **(área encerrada en color azul)**

Es una buena idea ser siempre muy conservador en los valores de las simulaciones.

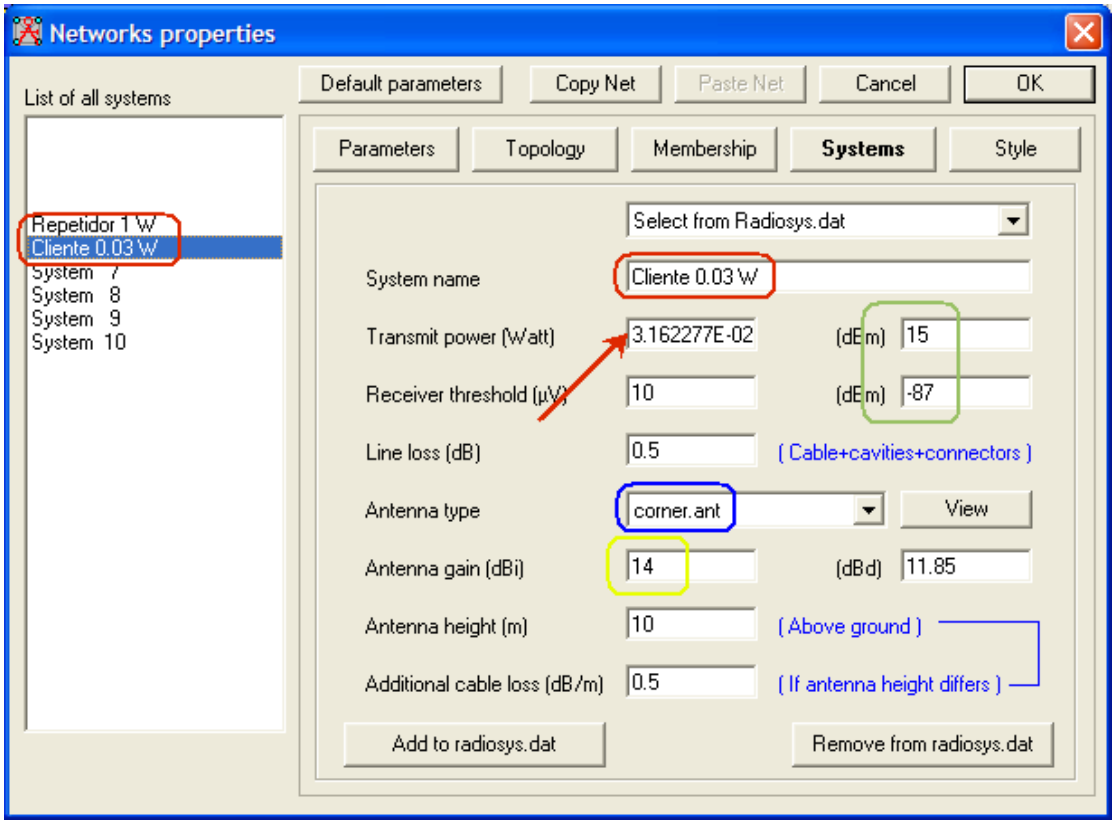


Figura 5: Creando el sistema "Cliente 0.03 W"

Esta segunda especificación (Cliente 0.03 W) incluye una antena más directiva (14dBi) (**área encerrada en amarillo)** y una potencia de salida menor (15dBm). Para antenas directivas escogemos el tipo de antena *corner.ant* **(área encerrada en azul).**

Note que puede ingresar la potencia de transmisión en dBm o en W **(flecha roja).**

6.2.3 Crear y posicionar unidades

File > Unit Properties

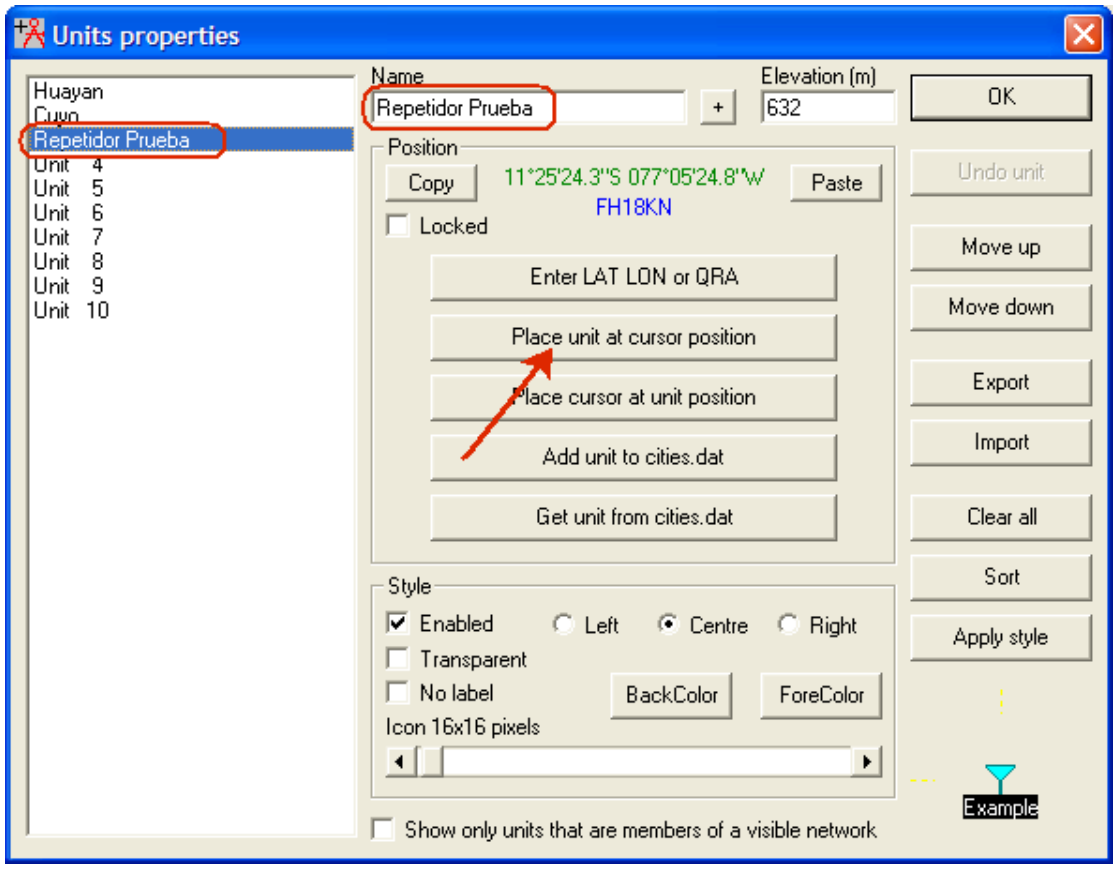


Figura 6: Creando y posicionando Unidades (en la cartografía)

En esta sección creamos (área encerrada en color rojo) y posicionamos las tres unidades **(flecha roja)**. Cuando posicionamos las unidades (usando la posición del cursor), podemos usar la herramienta: Elevation grid (rejilla de elevaciones).

View > Elevation Grid

La rejilla de elevaciones nos da la altitud de un lugar seleccionado y provee información acerca del más alto punto en los alrededores. En la figura, la rejilla muestra que el "cursor" está a los 632m sobre el nivel del mar. Para conseguir una mejor posición para nuestro repetidor podemos mover el cursor a la altura de 636 metros (flecha amarilla).

Luego abrimos **unit** y seleccionamos **place unit at cursor position**.

2. Las coordenadas de Cuyo son: 11°24'44.9"S 77°04'15.3"W y las de Huayan son 11°27'03.9"S 77°07'20.4"W

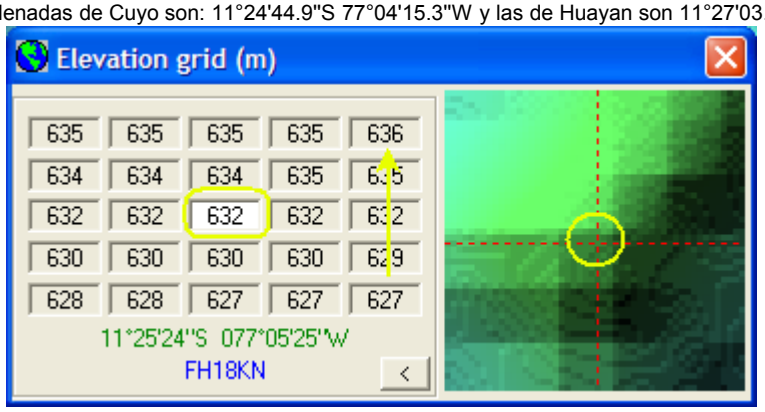


Figura 7: Usando la rejilla de elevación para posicionar una unidad en la posición del cursor

6.2.4 Membresía de red

File > Network Properties > Membership

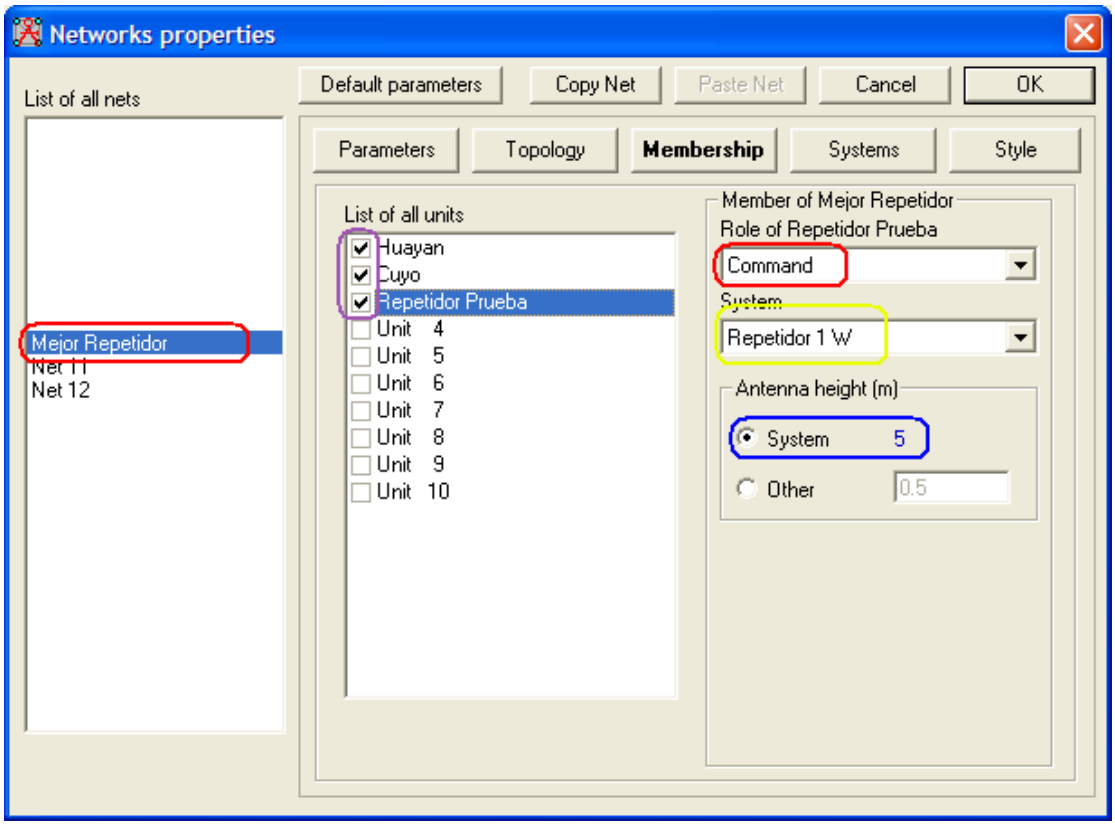


Figura 8: Juntando todos los elementos, red con unidades de un cierto tipo de sistema

En la sección previa creamos tres unidades; un repetidor (Repetidor Prueba) y dos clientes (Cuyo y Huayan). En la sección de membresía asociamos estas unidades físicas a la red (Mejor repetidor) y a los diferentes sistemas (Repetidor 1 W y Cliente 0,03W).

En esta sección también podemos especificar el rol de las unidades en la topología. Un valor por defecto es establecer todos los clientes como **Subordinates** (Subordinados) y el coordinador principal (repetidor, access point central) **Command** (Comando). Aquí, podemos cambiar el valor por defecto de la altura de la torre (área encerrada en color azul).

6.3 Análisis de presupuesto de Radio Enlace

Después de seguir los pasos descritos en 6.1.y 6.2 debería tener un diagrama similar a este. La figura muestra dos enlaces de radio desde la unidad comando (Repetidor Prueba) a las unidades subordinadas (Cuyo y Huayan).

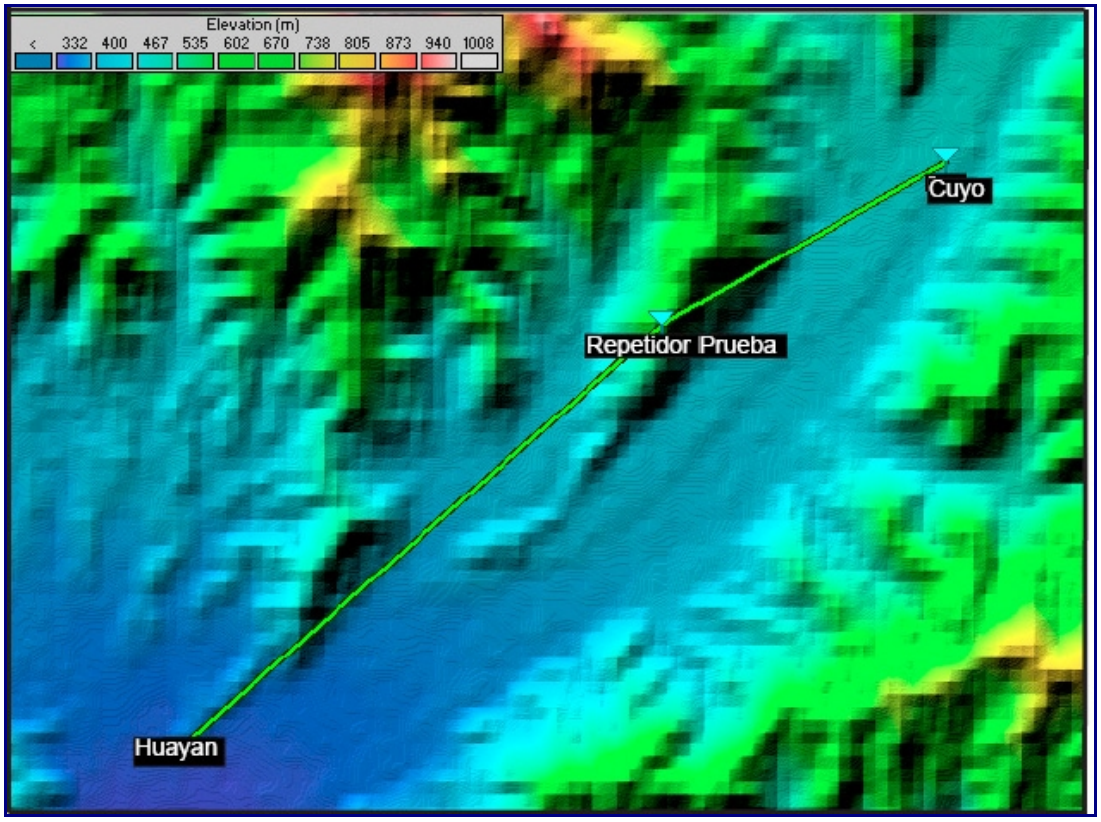


Figura 9: Primeros resultados de la simulación

Para examinar cada uno de los enlaces ir a:

Tools > Radio Link

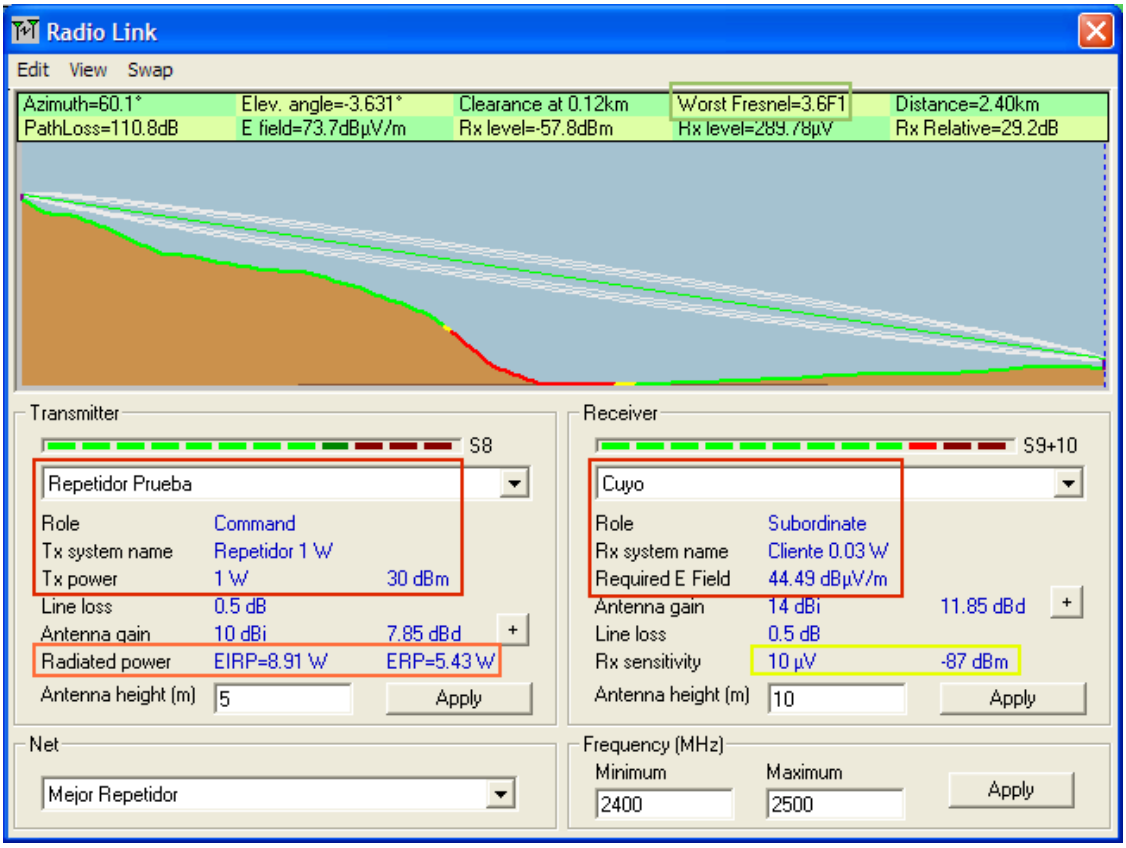


Figura 10: Detalles de una de las simulaciones de presupuesto de enlace

Cada uno de los enlaces de radio puede ser examinado en detalle. En la figura vemos el enlace de radio entre Repetidor Prueba y Cuyo (marco de color rojo). Entre otra información, Radio Mobile provee la potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP, por su sigla en inglés) del transmisor (marco de color naranja) y una medida de la señal recibida en el receptor (Rx Relative).



Para alinear las antenas los parámetros más importantes son el acimut y el ángulo de elevación. Utilice el acimut magnético para trabajar con brújula y el geográfico para trabajar con mapas.

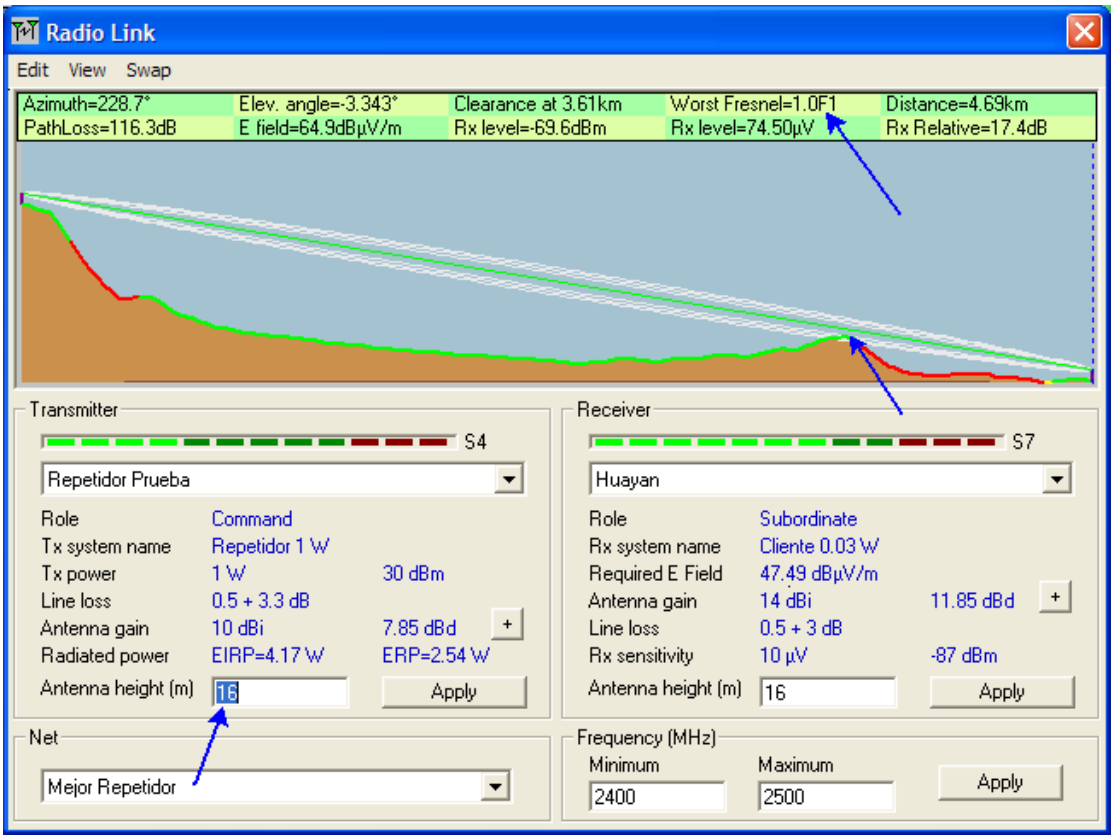


Figura 11: Cambiando el tamaño de la torre para liberar la primera zona de Fresnel (1.0F1)

El análisis del presupuesto del enlace es muy útil para diseñar la altura de nuestras torres de radio. En nuestro ejemplo hemos cambiado los valores por defecto de 5m y 10m a 16m en ambos lados del radio enlace para ser capaces de liberar la primera zona de Fresnel.



Al usar una herramienta de simulación de radio como “Radio Mobile” requeriremos siempre de muchas iteraciones y de afinar nuestros valores de diseño. El software permite salvar sus “sistemas” en una base de datos interna .sys.

6.4 Área de cobertura

Si está planeando una red inalámbrica punto a multipunto, va a estar interesado en el área de cobertura de una “access point” o repetidor dado. Radio Mobile ofrece también la posibilidad de crear gráficos polares simples.

Tools > Radio Coverage

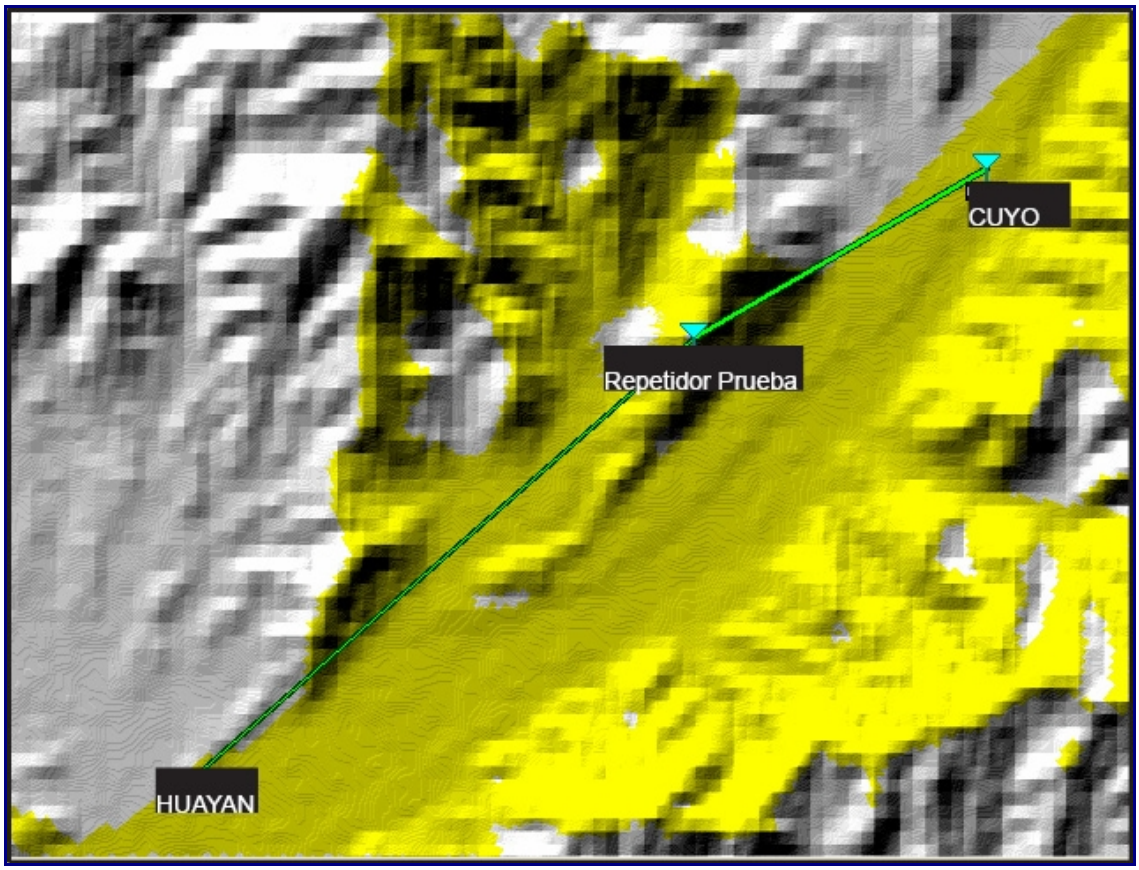


Figura 12: Imagen background de Rayos X con gráfica de área de cobertura polar simple

7. Conclusiones

Considere incluir una “simulación de radio en exteriores” en su estudio de viabilidad. Un software de simulación puede ser de gran ayuda para crear su primera red de diseño y planificar su primera visita a campo.



Las cinco tareas que necesitas aprender para realizar una simulación de radio con "Radio Mobile" son:

1. Ingresar su posición y seleccionar la fuente y tipo de mapas que quiere usar
2. Definir los "sistemas" que quiere implementar en su red.
3. Ubicar las unidades de radio en las posiciones objetivo y asociar un tipo de sistema y rol a cada uno de ellos.
4. Estudiar cada uno de los "presupuestos de radio enlace" simulados y variar sus configuraciones para optimizar su diseño.
5. Usar las herramientas de cobertura de radio para ver sus áreas de cobertura y potenciales fuentes de interferencia.

8. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:´

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 abril 2007. Traducido por: Américo Sánchez C, CEPES.

Unidad 09

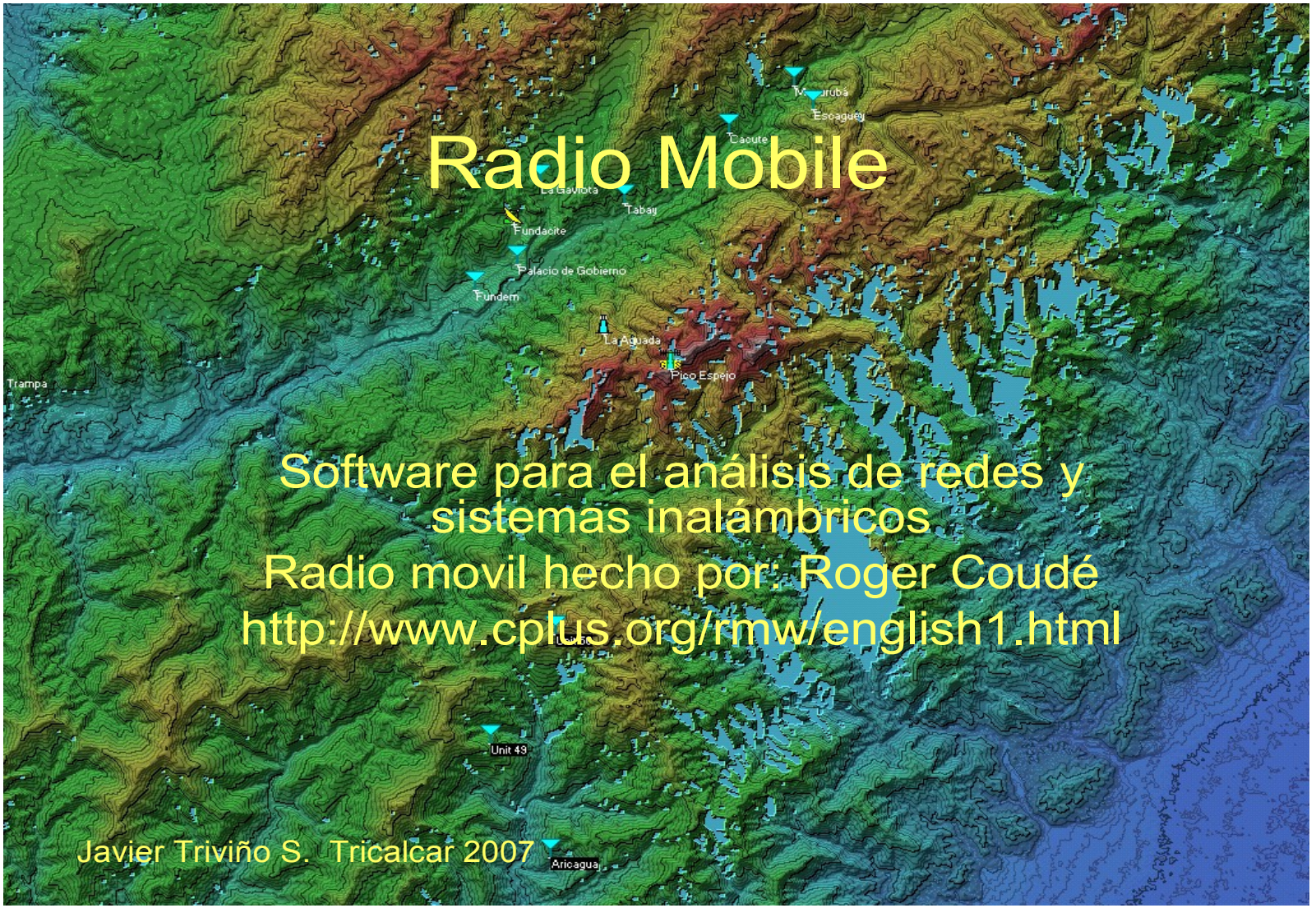


Simulación de redes inalámbricas

Iniciándose con “Radio Mobile”

Javier Triviño

Radio Mobile



Objetivos



- Entender como un software de simulación puede ayudarlo a hacer un estudio de viabilidad
- Introducir la herramienta “Radio Mobile”
- Proveer los fundamentos básicos sobre el software para faclitar su aprendizaje

Tabla de contenidos



- ¿Qué es el Radio Mobile?
- ¿Qué es el SRTM?
- Instalando el Radio Mobile
- Introducción al Radio Mobile
- Demo

¿Qué es Radio Mobile?



- Es un programa gratuito que permite el análisis y simulación del área de cobertura de un sistema de radio frecuencia (RF) y traza el perfil de las posibles trayectorias
- Software gratuito escrito en VB por Roger Coudé
- Usado para predecir el desempeño de enlaces de radio en exteriores

¿Qué es Radio Mobile?



- Inicialmente escrito para radio aficionados (UHF/VHF) el rango de 20MHz a 20 GHz
- Usa un modelo conocido como Modelo del Terreno Irregular (ITM)

¿Qué es Radio Mobile?



- Predice mediante herramientas CAD la cobertura de un sistema de radio.
- Utiliza herramientas y mapas digitales (elevaciones) y sistemas GIS
- Ultima versión de software: (Version 8.5.2, para el 18/10/2007)

¿Qué es Radio Mobile?



- Puede trabajar en múltiples sistemas operativos entre los que están: Windows 95, 98, ME, NT, 2000 y XP
- Se puede correr en Linux mediante el emulador
- Usa mapas digitales con elevaciones de terreno con los que calcula el área de cobertura, indicando los niveles de potencia recibida

¿Qué se necesita?



- Conocer la posición GPS del sitio o sitios
- Cartografía digital
- Hoja de especificaciones técnicas del equipamiento que queremos/planeamos usar
- Información acerca del tipo de terreno, clima del área (opción avanzada)

¿Qué es SRTM?



- Siglas de “Shuttle Radar Topography Mission”
- Un tipo de cartografía digital
- Imágenes de radar con una resolución de 30 - 90 metros

¿Qué es SRTM?



- Latinoamérica esta muestreada con 3 segundos de arco ~ 90 metros
- Las imágenes son descargables gratuitamente
- Se requiere acceso a Internet

¿Qué necesitamos para crear una red?



De la lectura de los GPS obtenemos las coordenadas de los puntos de interés, por ejemplo de la radio base (BS, Base Station) y del suscriptor (SU, subscriber Unit o CPE).

Longitud y latitud en grados, minutos y segundos o en coordenadas UTM

¿Qué necesitamos para crear una red?



Necesitamos conocer las especificaciones técnicas del sistema a instalar:

– Topología de la red (Point to Point o Point to multipoint)
– Ganancia de antenas en dBi
– Máxima potencia de Transmisión (W o dBm)
– Atenuación en los medios de transmisión entre el Tx y la antena (Pérdida de cables, conectores, etc)
– Nivel umbral de recepción (dBm)
– Altura de las antenas
– Frecuencia de operación
– Polarización de las antenas (horizontal o vertical)

Instalando Radio Mobile



- Instalar el Visual Basic Runtime (SP6)
- Descargar y descomprimir 6 archivos ZIP de: http://www.cplus.org/rmw/download.html
- Radio Mobile no tiene un instalador
- Radio Mobile no tiene mucha documentación
- Radio Mobile vale la pena aprender!

Fundamentos básicos de Radio Mobile



- Posición y cartografía
  - ¿Cuál es el lugar/lugares?
  - ¿Qué mapas podemos usar?
- Propiedades y topología de la red inalámbrica
  - ¿Qué equipamiento queremos usar?
  - ¿Dónde ubicaremos las unidades?

Fundamentos básicos de Radio Mobile



- Análisis del Presupuesto del Enlace
  - ¿Cuáles son las prestaciones de cada enlace?
- Áreas de cobertura
  - ¿Cuál es la máxima distancia que podemos cubrir?

Definiciones importantes



- Network (Red): Agrupación lógica de Unidades
- System (Sistema): Especificación de “kits inalámbricos”. No las unidades. Verlos como “plantillas”
- Unit (Unidad): El lugar físico asociado a cierto tipo de “sistema”
- Membership (Membresía): Define (1) las unidades que pertenecen a una red y (2) el tipo de sistema que cada unidad opera

Propiedades y topología de la red inalámbrica



1. Crear una nueva red lógica

   File > Network Properties > Parameters

2. Definir los tipos de sistemas que estarán en la red

   File > Network Properties > Systems

3. Crear y posicionar Unidades en la ubicación física

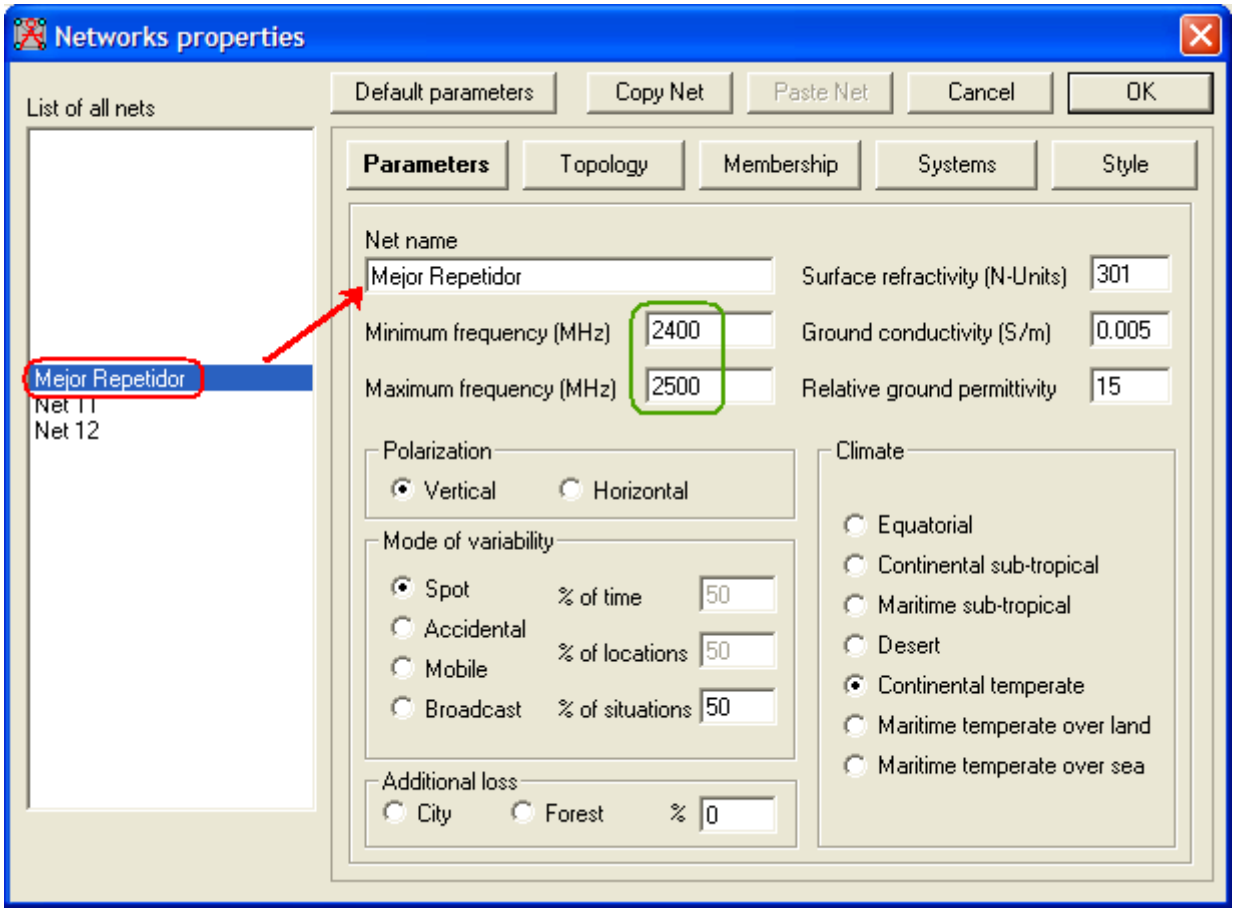
   File > Unit Properties

4. Asociar las Unidades a la red

   File > Network Properties > Membership

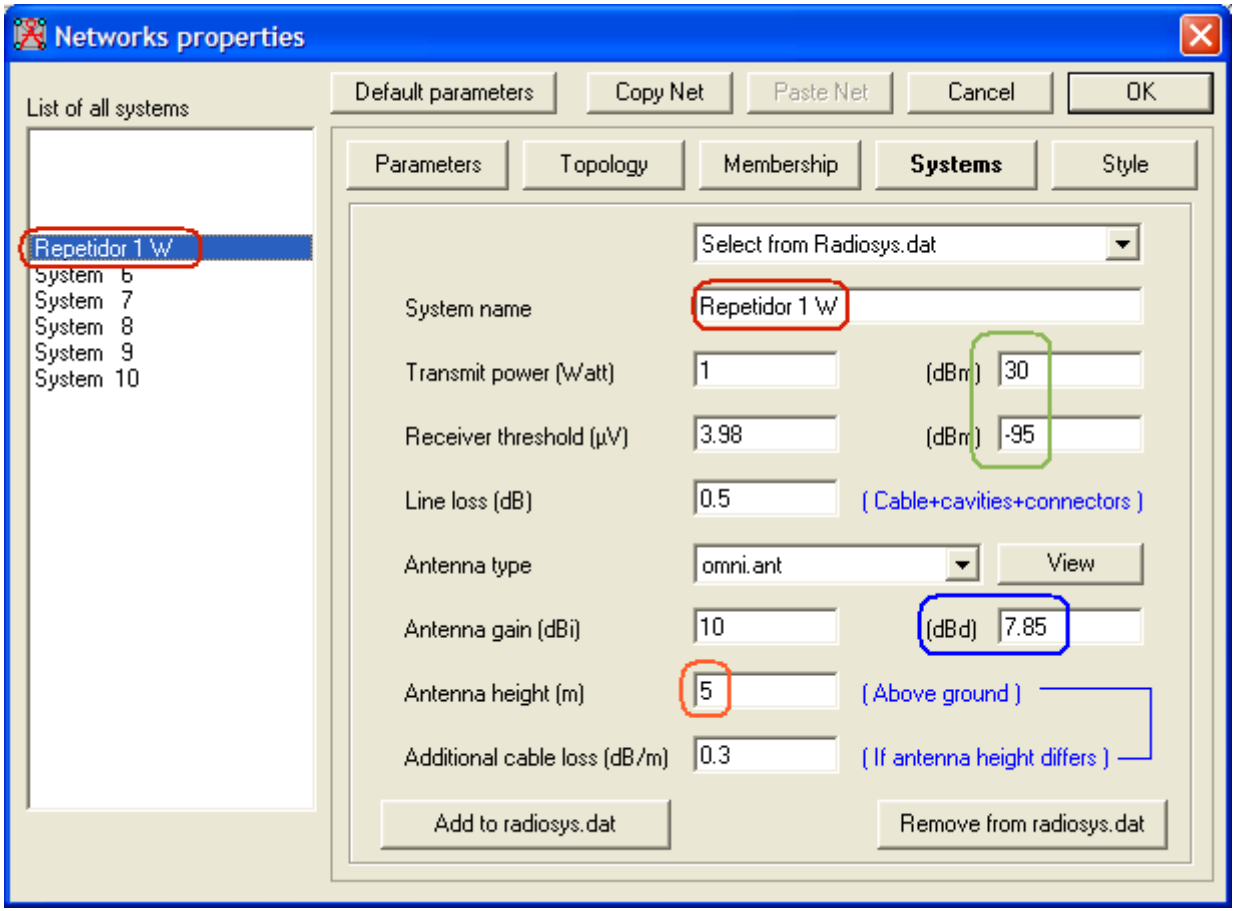
Parámetros de la red

Crear una nueva red lógica
File > Network Properties > Parameters

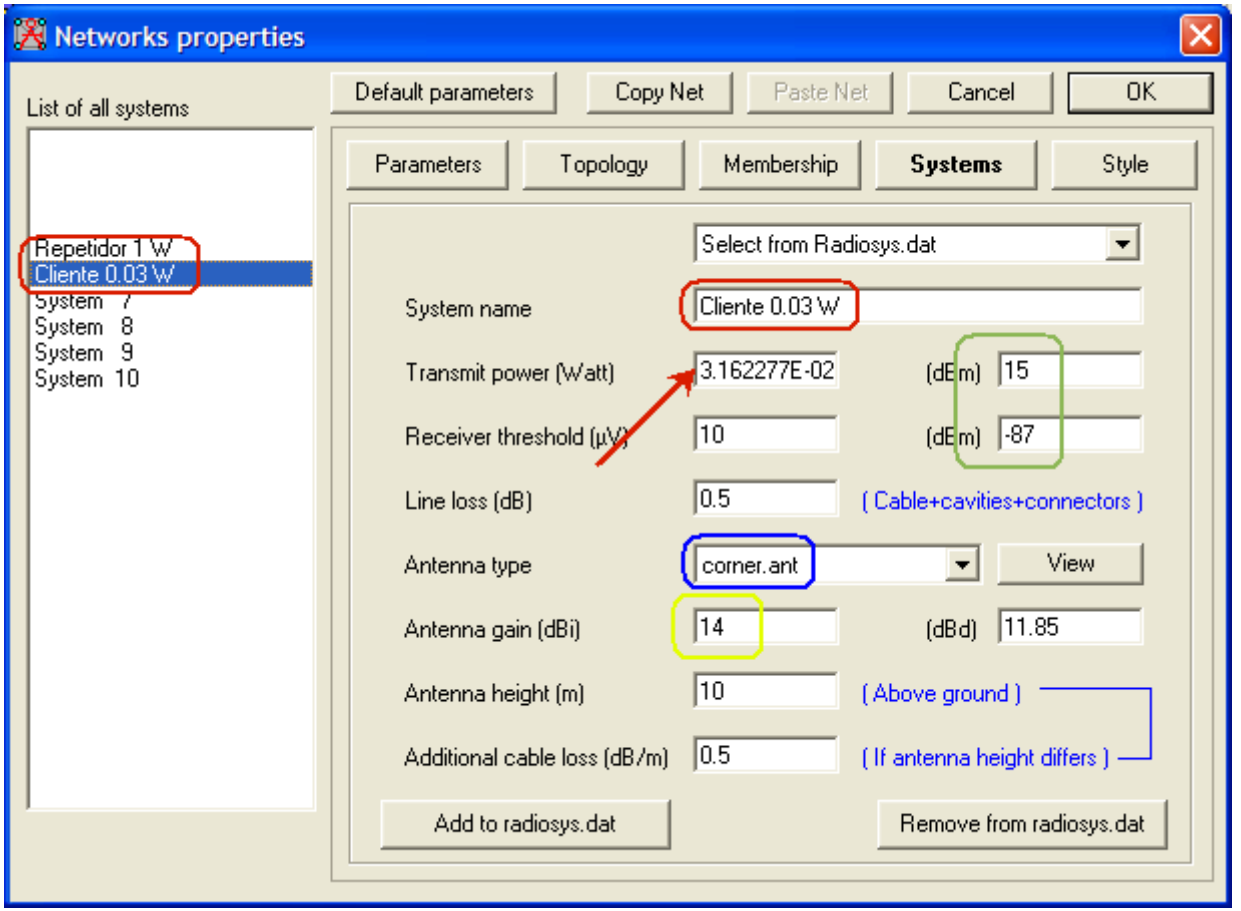


Sistemas

Definir los tipos de sistemas que estarán en la red
File > Network Properties > Systems

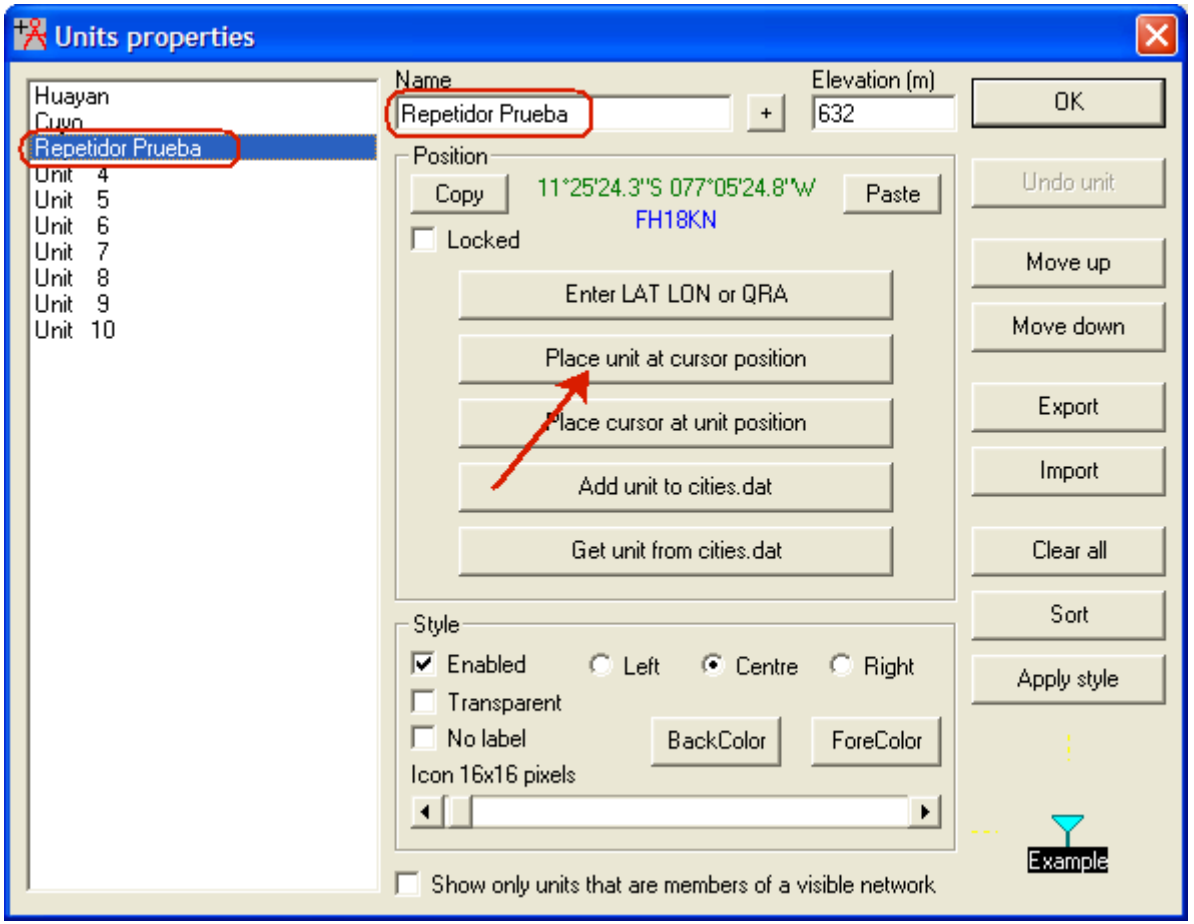


Sistemas


Networks properties
List of all systems
Repetidor 1 W
Cliente 0.03 W
System 7
System 8
System 9
System 10
Default parameters
Copy Net
Paste Net
Cancel
OK
Parameters
Topology
Membership
Systems
Style
Select from Radiosys.dat
System name
Cliente 0.03 W
Transmit power (Watt)
3.162277E-02
(dBm)
15
Receiver threshold (µV)
10
(dBm)
-87
Line loss (dB)
0.5
(Cable+cavities+connectors)
Antenna type
corner.ant
View
Antenna gain (dBi)
14
(dBd)
11.85
Antenna height (m)
10
(Above ground)
Additional cable loss (dB/m)
0.5
(If antenna height differs)
Add to radiosys.dat
Remove from radiosys.dat

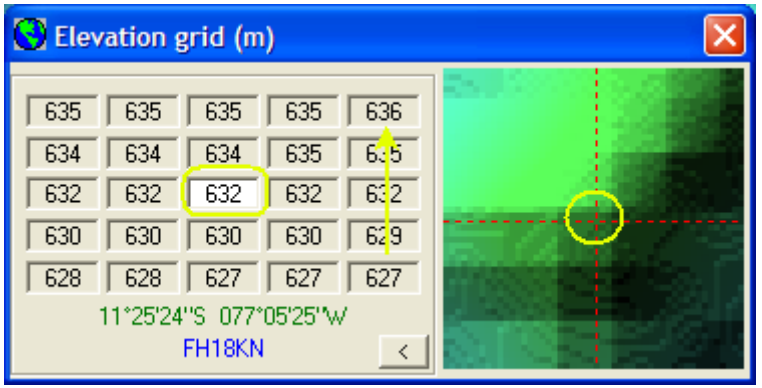
Propiedades de las unidades

Crear y posicionar Unidades en la ubicación física
File > Unit Properties



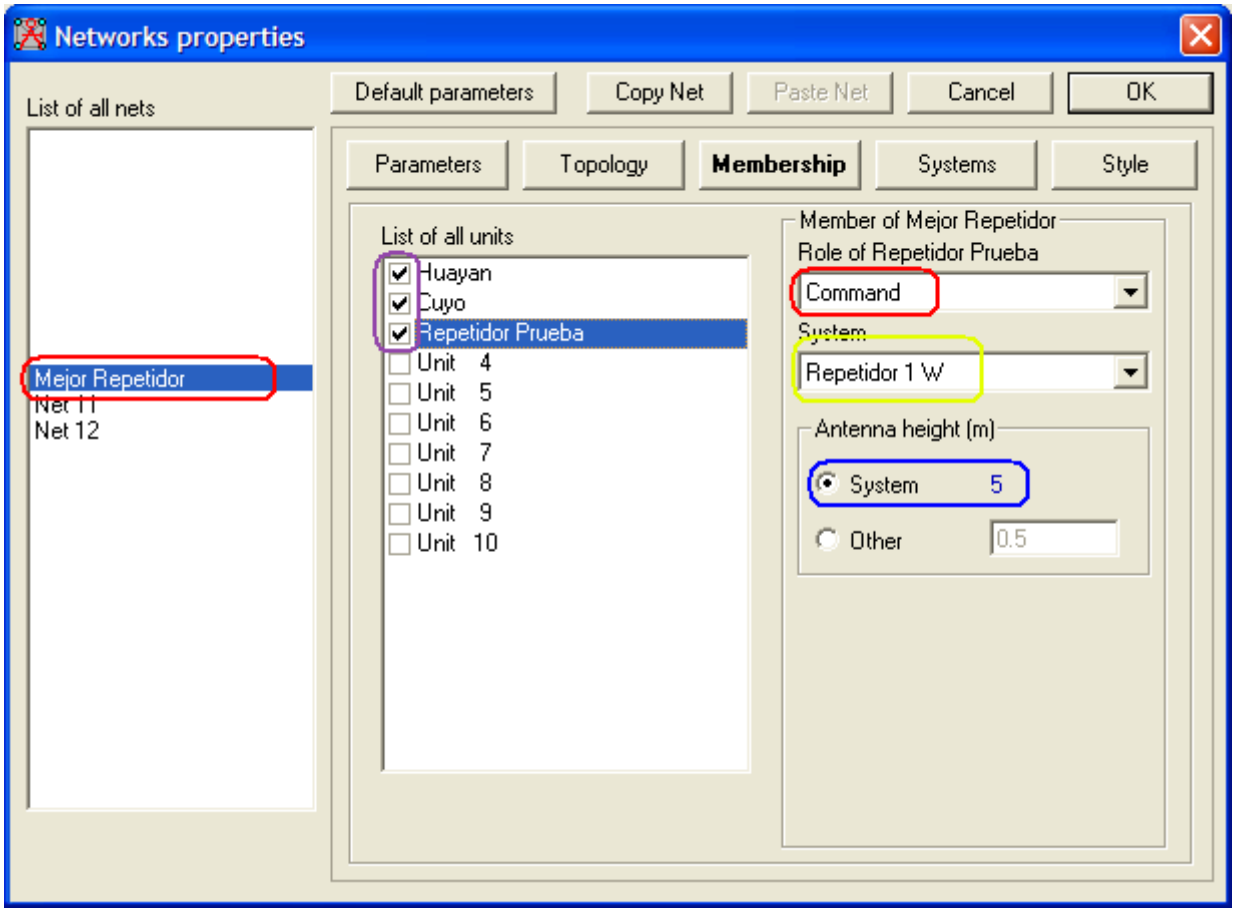
Propiedades de las unidades

Rejilla de elavaciones
View > Elevation grid

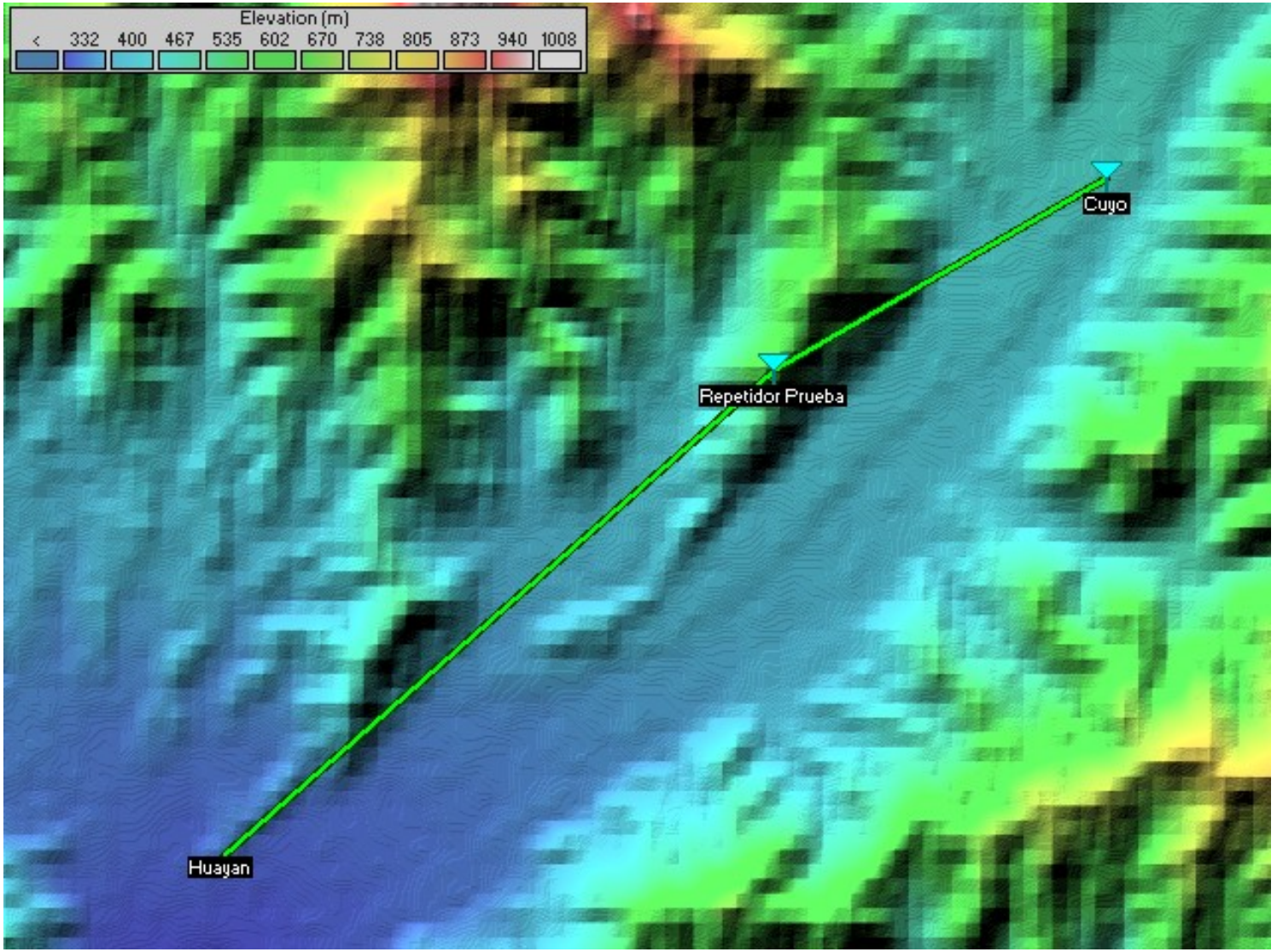


Membresía

Asociar las Unidades a la red
File > Network Properties > Membership

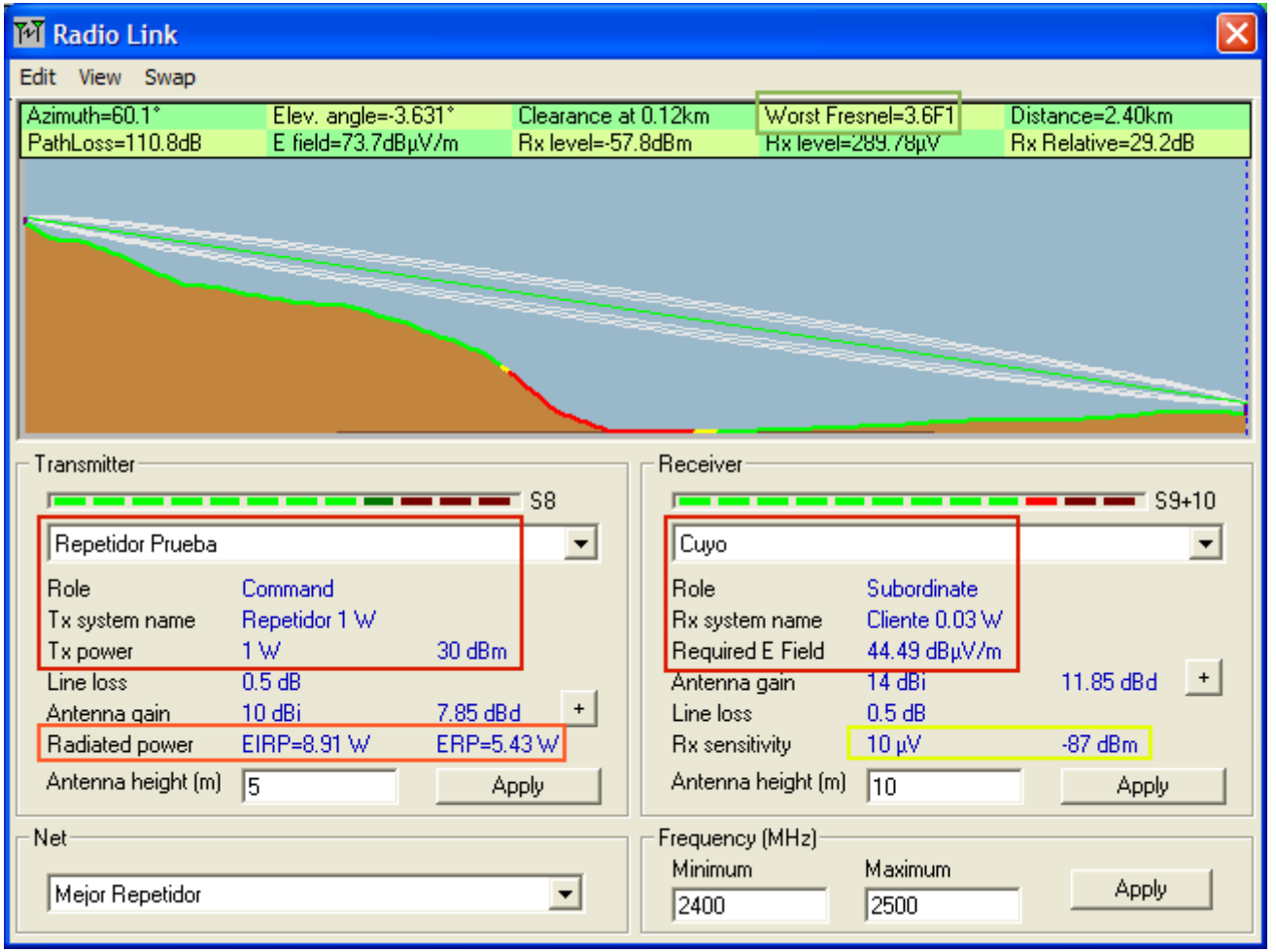


Análisis de presupuesto de Radio Enlace



Análisis de presupuesto de Radio Enlace

Tools -> Radio Link



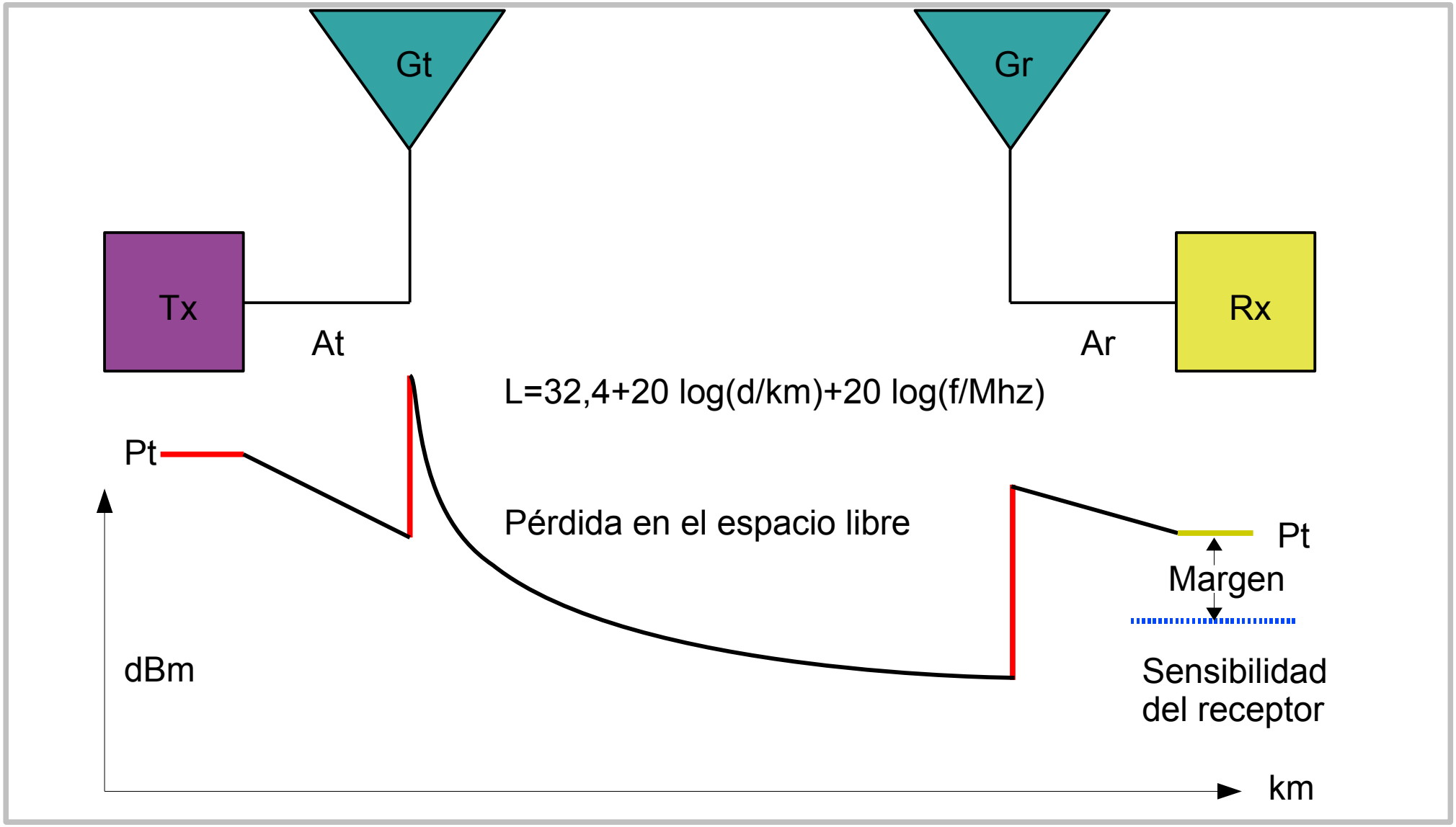
Análisis de presupuesto de Radio Enlace



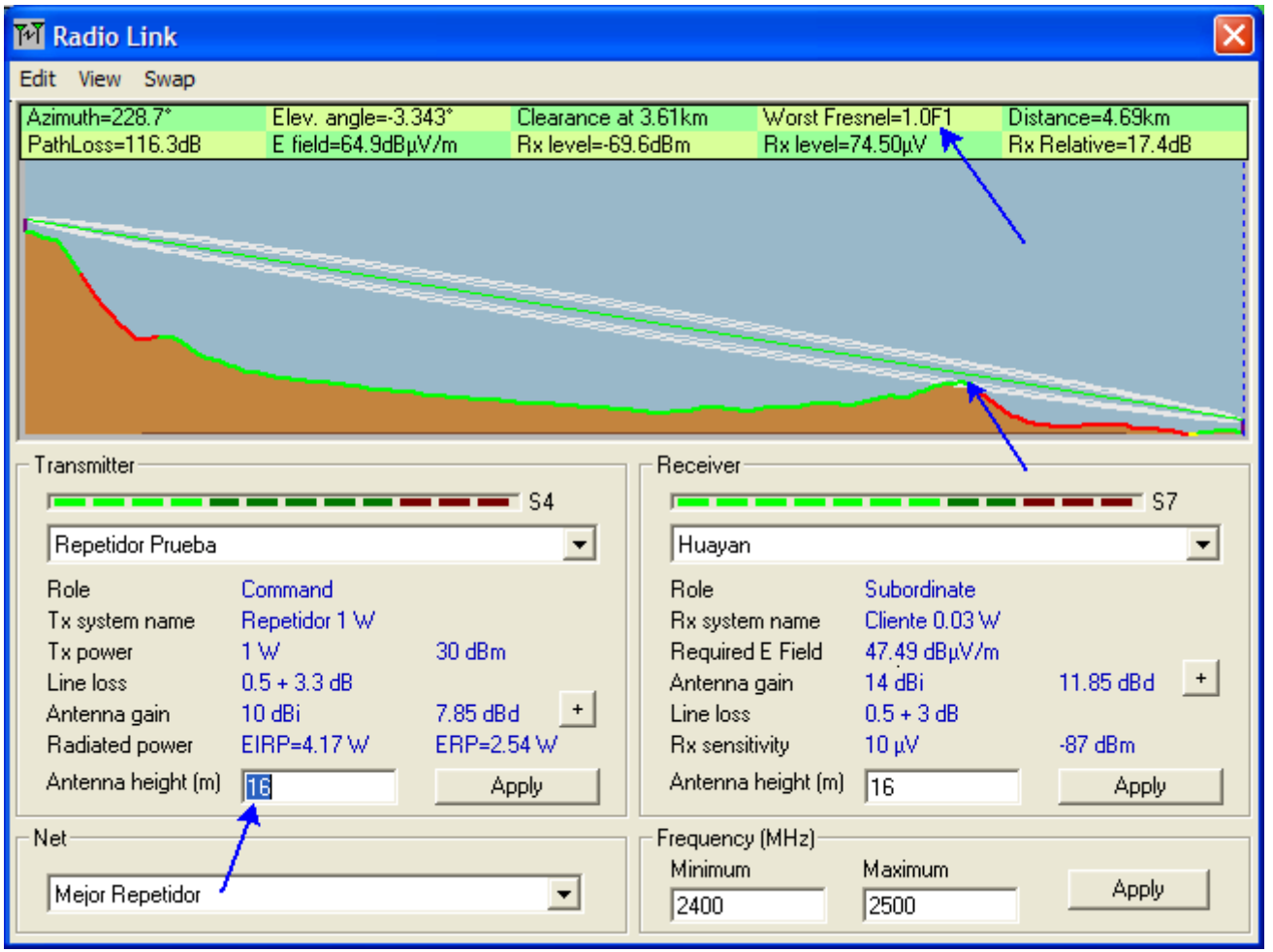
- Prestaciones de un radioenlace
  - T (dBm) = 10 log10 (Potencia de transmisión en Watts) + 30
  - L1 (dB) = Pérdida de la línea de TX
  - A1 (dBi) = Ganancia de la antena TX
  - P (dB) = Pérdida en el espacio
  - A2 (dBi) = Ganancia de la antena RX
  - L2 (dB) = Pérdida en la línea de RX
  - R (dBm) = 20 log10 (Umbral de RX en microvoltios) - 107

- El Margen en dB:
  - M (dB) = Señal RX (dBm) - R (dBm)
  - M (dB) = (Tx - L1 + A1 - P + A2 - L2) - R

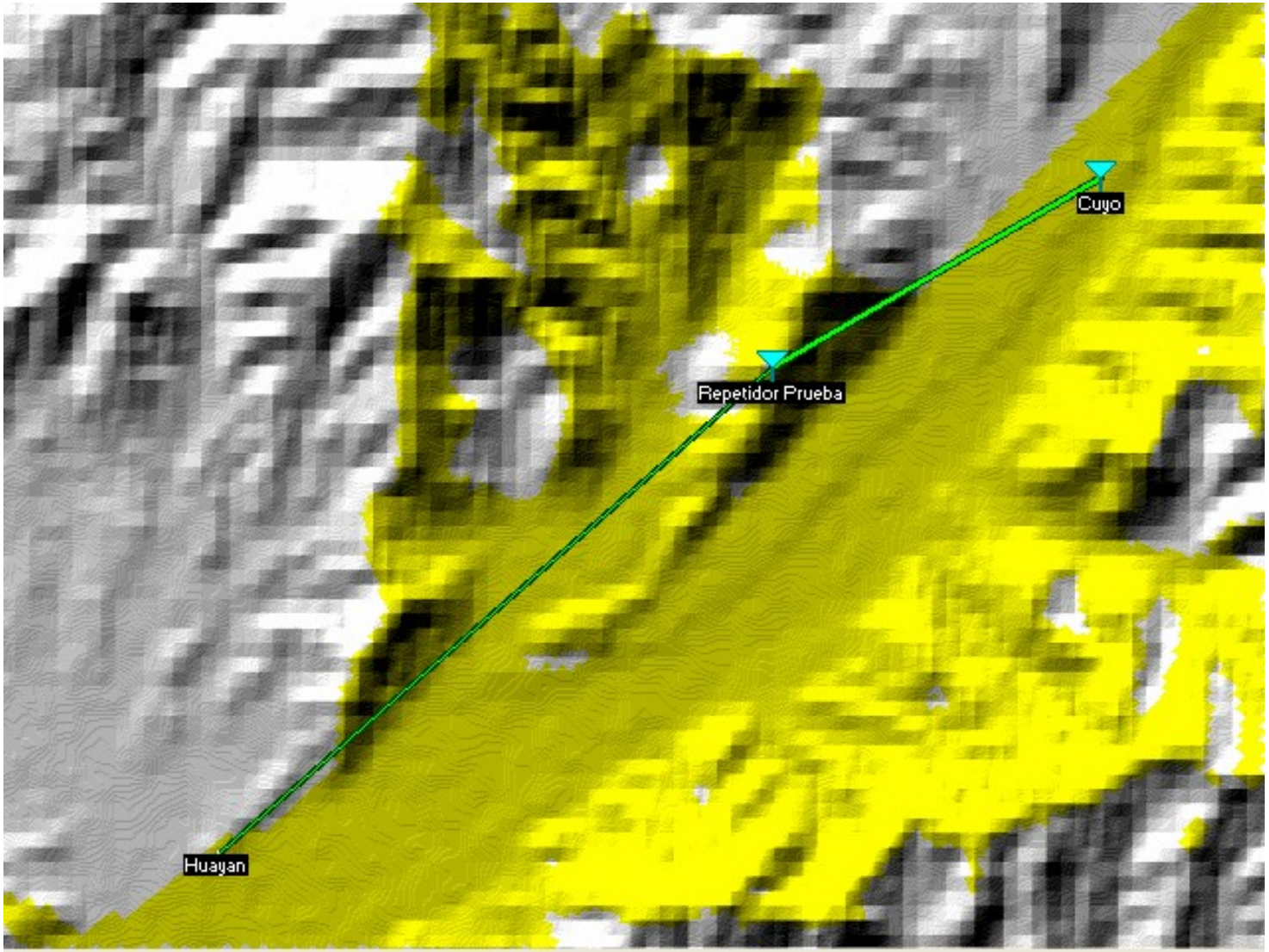
Análisis de presupuesto de Radio Enlace



Análisis de presupuesto de Radio Enlace



Área de cobertura



Conclusiones



- Considerar el incluir una “simulación de red inalámbrica” en su estudio de viabilidad
- Un software de simulación puede ser de gran ayuda para crear su primer diseño de red y planificar las salidas de campo iniciales
- Apoyarse con otras herramientas como por ejemplo: Google Earth.

Conclusiones



- Aprender a definir la posición y seleccionar la fuente y el tipo de mapas que quiere usar
- Definir los “sistemas” que quiere implementar en su red
- Posicionar sus unidades de radio en las posiciones objetivo y asociar un tipo de sistema y un rol a cada uno de ellos
- Estudiar cada uno de los “Cálculos de Radio Enlace” simulados y cambiar sus configuraciones para optimizar su diseño
- Usar las herramientas de cobertura de radio para ver sus áreas de cobertura y las potenciales fuentes de interferencia

Unidad 10



Instalación para Exteriores

Ermanno Pietrosemoli
Fundación EsLaRed

Torres y Mástiles



- En términos de ingeniería, una torre es un estructura auto soportada, mientras que un mástil es soportado por vientos, riendas o tirantes
- Los términos “torres” y “mástil” se utilizan a menudo para el mismo tipo de estructura, lo que por supuesto puede causar confusión
- Para evitar esta confusion, y cuando sea necesario hablaremos de torres autosoportadas y torres atirantadas o venteadas

Soportes para antenas (Mástil)



A menudo no es necesario una torre para soportar una antena, sino que es suficiente un tubo sujeto firmemente a alguna estructura

Soportes para antenas (Mástil)



Se emplean tres tipos de instalaciones:

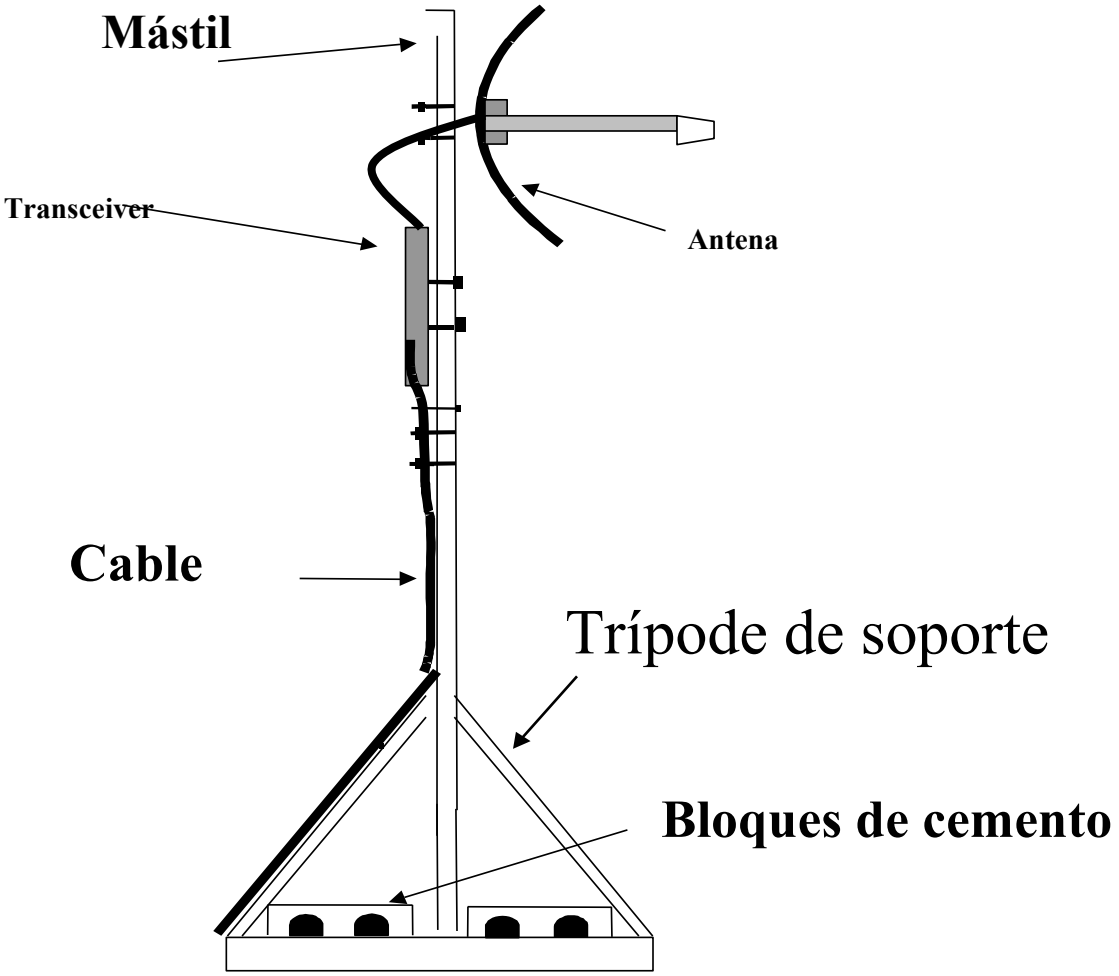
- montajes para antenas no-penetrantes para el uso en azoteas planas
- montaje penetrantes para el uso en azoteas no planas
- montaje de pared para el uso en las estructuras existentes tales como chimeneas o los laterales de los edificios

Montajes de Tejado no-penetrantes



- En los techos planos se pueden utilizar montajes para la antena que no penetren el piso. Consisten de un trípode colocado en una base de metal o de madera. Luego la base se carga con ladrillos, bolsas de arena, bidones de agua o con cualquier otra cosa pesada. Utilizando este montaje eliminamos la necesidad de perforar el techo con tornillos, evitando potenciales goteras
- 1 pieza de 90 cm x 90 cm de acolchado de goma se puede poner debajo de la instalación para proporcionar la protección de la azotea

Montajes de Tejado no-penetrantes



Ejemplo de montaje no penetrante

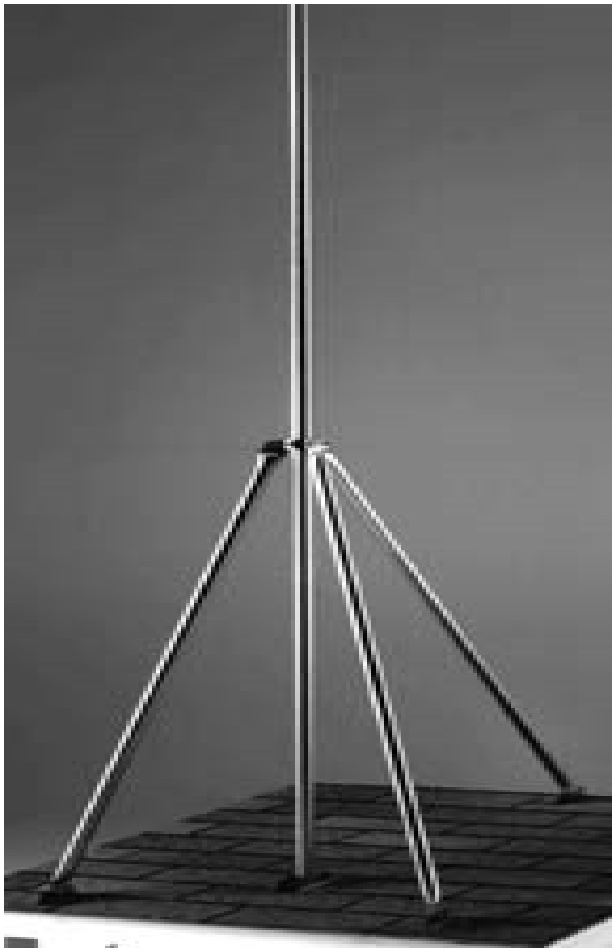




Montajes de tejado penetrantes



Se debe tener cuidado para evitar que el agua ingrese por los agujeros hechos en el techo

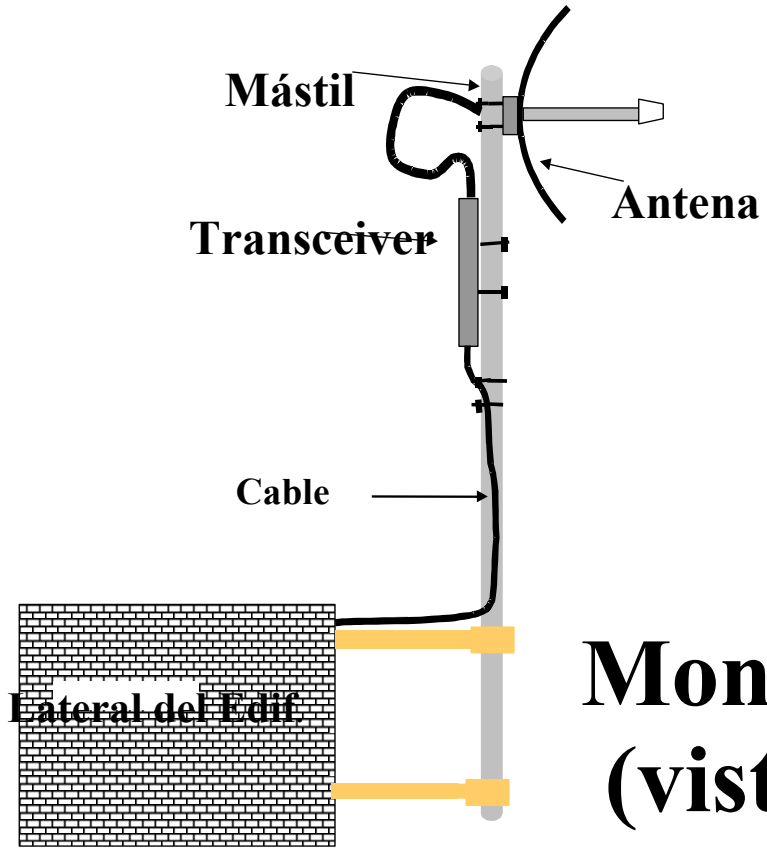


Montaje de Pared



- Para aplicaciones donde el techo no es plano o suficientemente fuerte para soportar el peso del montaje no-penetrantes, el montaje de pared es la solución más efectiva
- Este montaje se pone al lado de un edificio, de una pared o de una chimenea
- La estructura debe ser capaz de sostener el peso del mástil, las antenas y el transceiver, sumado a la fuerza del viento
- Este tipo de montaje requiere perforar cuatro agujeros en la estructura

Montaje de Pared



Montaje de Pared (vista lateral)

Tipos de Torres



- Monopolos
- Torres Autosoportadas
- Torres Venteadas

Monopolos

Los monopolos son postes afilados huecos hechos de acero galvanizado que se construyen de tubos articulados que pueden llegar hasta 60 metros. La huella máxima de un monopolo de 60 m es de unos 2x2 m.



Un monopolo utilizado para telefonía celular en Lisboa, Portugal

Monopolos



Otro tipo de monopolo
El Calafate,
Argentina

Torrres Auto Soportadas



- Las torres autosoportadas son caras, pero algunas veces son necesarias, particularmente cuando se requiere de una gran altura. Pueden ser tan simples como un mástil robusto enterrado en una fundación de concreto
- Una torre autosoportada (torre libre) se construye sin tirantes de alambre (vientos). Las torres autosoportadas tienen una huella más grande que las monopolos, pero todavía requieren un área mucho más pequeña que las torres venteadas
- Debido a su base relativamente pequeña, esta clase de torres son comunes en ciudades u otros lugares donde hay escasez de espacio libre

Torrres Auto Soportadas



- Las torres autosoportadas son costosas pero a veces necesarias para la estación base
- Una torre existente se puede utilizar a veces para los suscriptores, aunque se deben evitar las utilizadas para estaciones AM debido a que la estructura entera es activa
- No se presentan los mismos inconvenientes con antenas de FM, siempre que se mantenga una separación de al menos 6 m entre la antena FN y la antena para la WLAN

Ejemplo Torres Auto soportadas



Una torre autosoportada sencilla. Mérida, Venezuela



Una torre mucho más complicada. Campo Imperatore, Italia.

Ejemplo Torres Atirantada
Soporte anti-rotación

El Calafate
Argentina

Torres Venteadas



- Una torre venteada a la que se pueda trepar es una excelente elección para muchas instalaciones, pero para estructuras muy altas se necesita una torre autosoportada.
- Las torres venteadas son mucho más económicas pero ocupan un área considerable, ya que los vientos deben estar anclados a una distancia de la base, que es por lo menos la tercera parte de la altura

Torres Venteadas



- Cuando se dispone de terreno, una torre venteada es ideal para cubrir todas las necesidades de comunicaciones , incluyendo Internet Inalámbrico, celulares y radiodifusión
- Una torre armable se hace normalmente de aluminio con una sección transversal triangular, cerca de 30 centímetros por lado

Torres Venteadas



- Cada sección tiene cerca de 3 m de largo y varias secciones se pueden empernar juntas para lograr la altura requerida
- La torre debe estar correctamente venteada para soportar el viento previsto en el área, así como el peso de el equipo y una persona

Ejemplo de Torres Ventadas



Una torre venteada con 2 niveles de vientos fijados en tres puntos cada uno

Puerto Ayora, Isla de Santa Cruz, Ecuador.

Ejemplo de Torres Ventadas



Detalle del anclaje de los vientos, llamado “muerto”.

Consideraciones para el montaje de la antena del suscritor



- Ubique las antenas de modo que tengan línea de vista clara a las antenas del otro punto del enlace
- No debe haber obstrucciones dentro del azimut de ±10 grados de la vista de la antena
- Montar las antenas cerca del borde del tejado (en una azotea superior plana) ayuda a prevenir problemas con el último requisito y con reflexiones . Esto se debe hacer en el borde que esta frente al enlace

Consideraciones para el montaje de la antena del suscritor



- Si las antenas tienen que ser montadas a más de 4 m sobre el tejado, una torre armable puede ser una mejor solución para permitir un acceso más fácil al equipo y para prevenir el movimiento de la antena durante los vientos fuertes

Consideraciones para el montaje de la antena del suscritor



- Otras consideraciones incluyen la proximidad del despliegue del cable en el tejado
- Cuando se localiza el mástil de la antena, es deseable tenerlo en cerca proximidad al sistema de aterramiento del edificio, de estar presente. Entonces se convierte en algo fácil proporcionar una resistencia corta, baja resistencia, conectándolo al sistema de tierra del edificio

Consideraciones para el montaje de la antena del suscritor



- En las condiciones para el diseño de la trayectoria de la microonda se deben considerar por ejemplo la separación de la curvatura de la tierra y de la zona de Fresnel
- Observe el edificio local y los códigos eléctricos al funcionar todos los cables

Consideraciones del Montaje de antena para la Estación Base



- Lo primero es elegir para la estación base una antena omnidirectional
- Un omni proporcionará la cobertura máxima para su dinero
- Desafortunadamente, la mejor localización para la antena omni es el tope de una torre
- Esta localización se toma muy a menudo por lo que hay recurrir unir el omni a un lado de la torre

Consideraciones del Montaje de antena para la Estación Base



La antena Omni tiene 3 especificaciones básicas:

- Razón de Onda Estacionaria (VSWR)
- Patrón de radiación Vertical
- Patrón de radiación Horizontal

Cualquier objeto de metal cercano afectará todas las anteriores

Consideraciones del Montaje de antena para la Estación Base



- Esto es fácil de entender si uno considera el funcionamiento de una antena Yagi-Uda, donde tenemos solamente un elemento activo, pero la adición del reflector y de los directores afectará la ganancia.
Así, cualquier objeto conductor que esté alrededor afectará su funcionamiento.
Para evitar este problema, debemos alejar nuestra antena al menos 2 longitudes de onda de cualquier objeto metálico

Consideraciones del Montaje de antena para la Estación Base



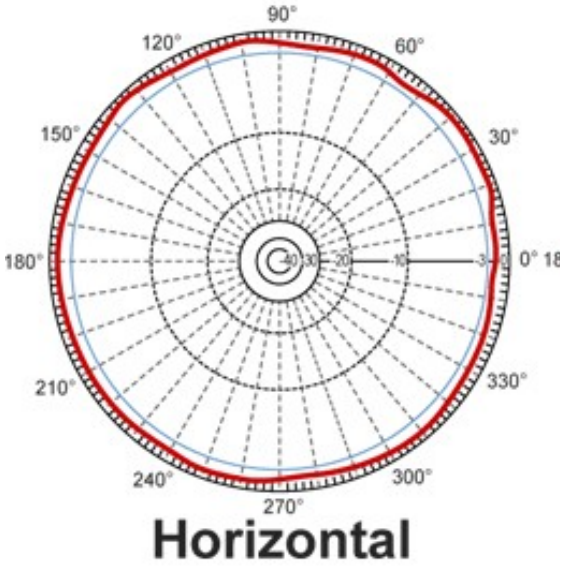
Razón de Onda Estacioanria (VSWR) :

- Cualquier objeto conductor reflejará parte de la señal
- Los radioaficionados algunas veces ajustan la VSWR de una antena variando su distancia a la torre
- Separar la antenas al menos 25 cm será suficiente para obviar este efecto a 2,4 GHz

Consideraciones del Montaje de antena para la Estación Base

Patrón de radicación Horizontal

El patrón horizontal de una omni se asemeja a un círculo. Un tubo pequeño cerca de la antena puede actuar como un director o reflector, cambiando la ganancia a más de 3 dB en ciertas direcciones, modificando sustancialmente el patrón de radiación

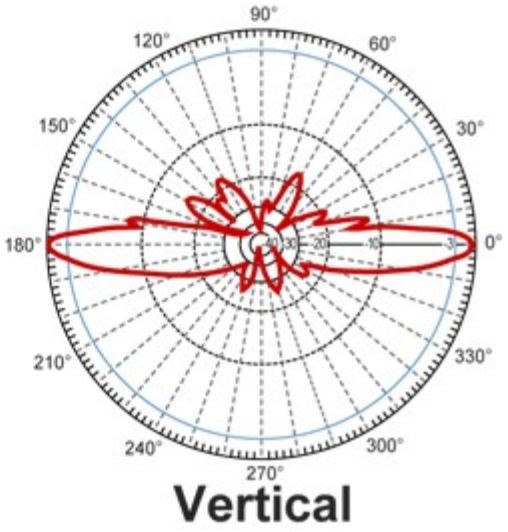


Un objeto más grande como la parte posterior de una parábola puede bloquear totalmente la señal en una dirección dada

Consideraciones del Montaje de antena para la Estación Base

Patrón de radiación Vertical

La ganancia de una omni es consecuencia de la estrechez del haz vertica. Una torre autosoportada normalmente se va estrechando al subir,de manera que sus paredes están inclinadas. Esto causa que el haz de una omni adosada a uno de los lados se dirija hasta 5 grados hacia arriba.



Una omni tipica de 15 dBi tiene un haz vertical de 8 grados, por lo que la mayor parte de la señal se envía donde no hay suscritores.

Consideraciones Instalación



Antes de instalar, hacer un SITE SURVEY

- Determine la existencia de línea de vista (Radio Mobile)
- Tenga a mano un GPS para obtener las coordenadas
- Use un buen binocular para encontrar el otro extremo

Consideraciones Instalación



- Revise si existen otras antenas en edificios cercanos
- Si esá disponible, use un analizador de espectro, si no, utilice una computadora portátil con software que permita ver la potencia y la frecuencia de las señales presentes

Consideraciones Instalación



- **Cerciórese de seguir las regulaciones locales**
- Calcule la pérdida en el espacio libre:
- $L = 92{,}4 + 20 \log(f/GHz) + 20 \log(d/km)$
- a 2,4 GHz:

$$L = 100 + 20 \log(d/km)$$

Consideraciones Instalación



Realice una “Instalación de prueba” primero:

- tome un tubo de 2 m y coloque una antena de 24 dBi
- Conecte el radio y busque la señal del otro extremo
- Verifique la calidad y la nivel de la conectividad
- Observe el ángulo horizontal de la antena
- Observe la altura (cuanto tuvo que levantar ? ,etc)

Consideraciones Instalación



La parte mas importante de la instalación (Antena):

- Cerciórese de que el montaje sea FUERTE
- Que no se moverá en viento (las cargas de la antena son altas)
- Buena puesta a tierra, barra de tierra o similar
- El coaxial se ata abajo con abrazaderas que no lo apreten
- El desviador de rayos, “Lightning arrestor” se conecta a tierra

Consideraciones Instalación



- Mantenga corta la longitud de cable coaxial
  - No mayor que 15 metros
- Considere colocar el radio adyacente a la antena, eliminando por completo las pérdidas de RF
- Use fibra óptica para extender el alcance
- Selle y asegure todas las conexiones con cinta autofundente o masilla para intemperie (la cinta de electricista -teipe- no es suficiente.

Cajas herméticas



- *La* Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de USA *(NEMA -National Electrical Manufacturers Association)* estipula normas para proteger el equipamiento eléctrico de la lluvia, la nieve, el polvo y otros contaminantes
- Una caja que cumpla la clasificación ***NEMA 3,*** o mejor, es adecuada para el uso en climas benignos. ***NEMA 3R*** es algo inferior a la anterior, provee protección contra la lluvia pero no la lluvia empujada por el viento**.**

Cajas herméticas



- **Una *NEMA 4*** protege además contra el choro de una manguera
- ***NEMA 4X*** cumple con lo anterior, pero además es a prueba de corrosión
- ***NEMA 6*** provee una excelente protección aun cuando esté expuesta a hielo o agua con una manguera, y además puede estar completamente sumergida en agua por un tiempo limitado

NEMA



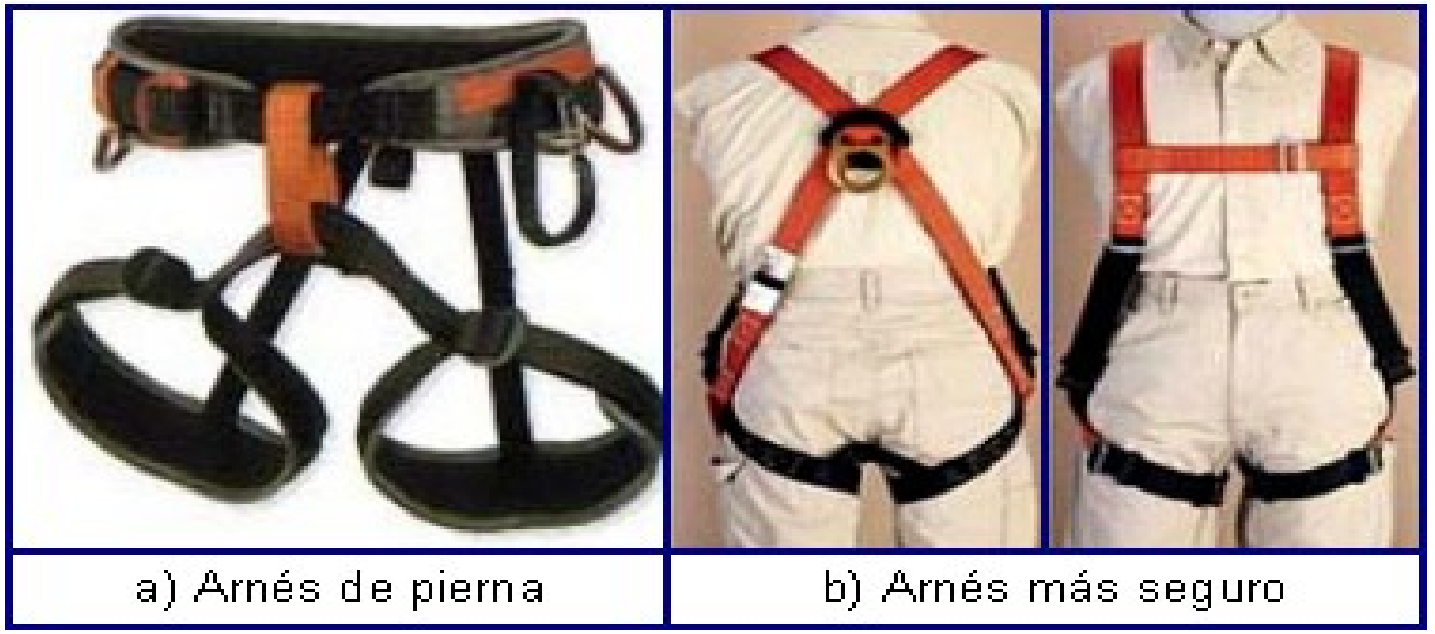
Caja NEMA 4 con enrutador inalámbrico instalada a 4.765 m de altura. Mérida, Venezuela

Seguridad



- Cuando esté trabajando en las alturas utilice siempre arnés de seguridad amarrados a la torre
- En muchos países se requiere entrenamiento especial para estar autorizado a trabajar en torres por encima de cierta altura
- Evite trabajar en las torres cuando haya fuertes vientos o tormentas
- Cuente siempre con un compañero, y suba sólo cuando haya buena luz. Trabajar en una torre puede llevar más tiempo del que usted piensa y es **extremadamente** peligroso trabajar en la oscuridad

Tipos de Arnés



a) Arnés de pierna | b) Arnés más seguro

Otras herramientas para escalar que son relevantes:

- Elslingas, mosquetones, cuerdas, ropas apropiadas para la misión incluyendo casco, los zapatos y los guantes (!no se olvide de llevar agua!).

Puesta a tierra del Mástil



- Se recomienda que el mástil de la antena esté conectado al sistema de tierra del tejado del edificio o a un sistema de tierra separado
- El mástil se debe conectar con el sistema de tierra con un cable de cobre tipo AWG #10 o más grueso
- Utilice las abrazaderas de tierra correctas para unir el cable al mástil y al sistema de tierra
- Cerciórese de que el cable esté haciendo una buena conexión eléctrica, quite toda la pintura y corrosión del área que una a la abrazadera

Puesta a tierra del Mástil

Puesta a tierra de la torre. El Chaltén, Argentina

Puesta a tierra de elementos



Detalles de
Puesta a Tierra
El Chalten
Argentina

Puesta a tierra de elementos



Detalles de
Puesta a Tierra
El Chalten
Argentina

Protector contra rayos

El Calafate Argentina. Nótese la barra de tierra

Proteja los conectores contra la exposición



- Los conectores deben ser protegidos con cinta especial o compuesto autoamalgamante, puesto que la humedad dentro de los conectores es la causa principal observada de fallas de CPE
- Los cables deben tener lazos de goteo para prevenir que el agua ingrese al transmisor-receptor
- Utilice la grasa dieléctrica en la conexión de la abrazadera para prevenir cualquier actividad de la electrólisis debido a los metales disímiles



Unidad 14: WiMAX y soluciones no estándar

Autor: *Ermanno Pietrosemoli. Fundación EsLaRed*

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Grados de dificultad..... 2
1.2 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. WIMAX..... 4
3.1 Rango y Cobertura..... 5
3.2 Escalabilidad y rendimiento..... 8
3.3 Calidad de Servicio..... 8
3.4 IEEE 802.16d-2004..... 8
3.4.1 Configuración Básica..... 9
3.5 WiBro..... 10
3.6 Conclusión..... 11
4. Soluciones no Estándar..... 12
4.1 MIKROTIK..... 12
4.2 Alvarion..... 13
4.3 Canopy..... 17
5. Conclusiones..... 18
6. Recursos Adicionales..... 19
6.1 En Línea..... 19
7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 19

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue desarrollado originalmente en castellano para el proyecto TRICALCAR. Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia 3.0 **Atribución No-Comercial-Licenciamiento Recíproco** (Creative Commons <http://creativecommons.org/>).

1.1 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio” .

1.2 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación practica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

En el año 2000 en Venezuela se realizó una subasta pública de la banda de frecuencias entre 3400 y 3500 MHz, con la finalidad de prestar servicios de voz y datos mediante tecnología inalámbrica, en lo que se conocía como WLL (Wireless Local Loop).

Aunque varias empresas pagaron cuantiosas sumas por el derecho a utilizar 25 MHz en una de las 5 regiones del país, y un par llegaron a hacer instalaciones en varias ciudades, en general el plan fracasó y en 2006 las licencias fueron revocadas.

Si analizamos las causas de este fracaso podemos concluir que se debieron principalmente a los siguientes factores:

1) Inexistencia de un estándar para proveer este tipo de servicio.

2) Requerimiento de la existencia de línea visual. Las soluciones comerciales existentes requerían línea de vista entre la estación base y el suscritor, lo que implica que la instalación de cada suscritor debía ser realizada por personal especializado.

Ambos factores influyen fuertemente en el costo que debe pagar el usuario convirtiendo el sistema en inviable.

Afortunadamente, hoy en día se han hecho notables avances en ambos aspectos mediante los estándares IEEE802.16 que permiten en algunos casos obviar la necesidad de línea de vista entre la estación base y el suscritor.

Por otra parte, la industria de la telefonía celular ha disminuido notablemente los costos, a la vez que ha mejorado la tasa de transmisión que ofrece, por lo que en este momento puede ser una solución válida en ciertas aplicaciones.

Además, varias empresas están ofreciendo soluciones privativas, no estándar, que sin embargo han tenido algún éxito comercial por lo que las reseñaremos brevemente, tomando en cuenta que la mayoría de ellas prometen migrar hacia WiMAX, la implementación comercial del IEEE802.16.

Otras incluso utilizan Wireless DOCSIS, donde se adapta el estándar para transmisión de datos sobre sistemas de televisión por cable al ambiente inalámbrico

En cambio, la tecnología de acceso satelital bilateral sigue siendo muy costosa en los países en vías de desarrollo.

IEEE 802.16 nació como una solución para redes metropolitanas, es decir con alcance de decenas de kilómetros y tasas de transmisión de varios Mbit/s. Originalmente estaba orientado a frecuencias de operación por encima de 10 GHz por lo que no tuvo mucha repercusión. La enmienda del estándar en 2003 extendió la gama de operación a las frecuencias entre 2 y 10 GHz, lo que permite un alcance mayor y, aunado al uso de la técnica OFDM (Orthogonal Frerquency Division Multiplexing), se logra transmitir aún en ausencia de línea de vista. Con esta enmienda se proponía resolver las limitaciones fundamentales que tiene 802.11 como tecnología de acceso en exteriores: alcance y QoS. Para estos fines, 802.16 utiliza un método de acceso al medio totalmente distinto y contempla una gran variedad de técnicas de modulación y de compartición del canal, con gran versatilidad al ofrecer soluciones tanto en espectro libre como en bandas protegidas.

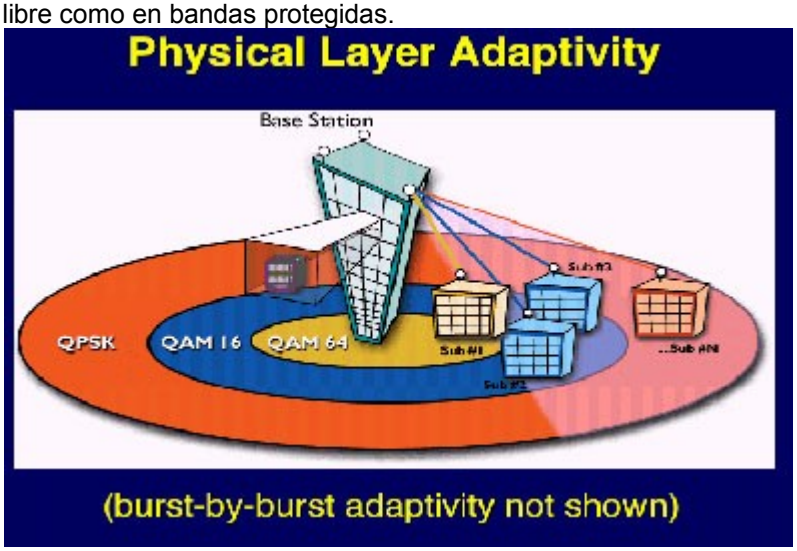


Figura 1: Diferentes tipos de modulación en función de la distancia a la estación base.

Toda esta versatilidad hace que el estándar sea muy complejo y presente dificultades para su implementación práctica. Por este motivo algunas empresas muy representativas en el ámbito de las telecomunicaciones decidieron crear una organización sin fines de lucro que estableciera unos perfiles típicos que respondieran a lo que se percibe como los requisitos más inmediatos del mercado y creara un mecanismo donde se pudiera comprobar la interoperabilidad de los dispositivos producidos por varios fabricantes. Esta alianza se denomina WiMAX (Wireless Microwave Access) y hoy en día cuenta entre sus miembros a la gran mayoría de las grandes empresas del área.

Para las pruebas de interoperabilidad, se ha contratado los servicios de dos laboratorios, uno en España y el otro en Corea del Sur. Un tercer laboratorio en China se añadió recientemente. WiMAX aspira a lograr para 802.16 lo que WiFi logró para 802.11: la amplia difusión de la tecnología.



En este sentido se han identificado dos requerimientos del mercado: en países en desarrollo se requiere una tecnología de acceso fijo que compense la falta de infraestructura tradicional, mientras que en países desarrollados el objetivo es brindar servicios móviles de banda ancha. Para esto se utilizan dos variantes de 802.16, la **d** y la **e**.

El IEEE802.16d (ratificado el 29 de junio de 2004) está destinado al servicio fijo y el IEEE802.16e al servicio móvil, y en principio el mercado para IEEE802.16d está en los países en desarrollo, mientras que el IEEE802.16e se orienta a satisfacer las necesidades de los países desarrollados.

Esta clasificación no es estricta, porque IEEE802.16d ha sido utilizado para ofrecer servicio nomádico (limitada movilidad, por ejemplo la de un computador portátil) mientras que IEEE802.16e también puede utilizarse para ofrecer servicios fijos. De hecho, algunas empresas han decidido concentrarse en IEEE802.16e y posicionarlo inclusive como contendor a la telefonía celular de tercera generación.

En resumen, 802.16 apunta a colmar las limitaciones de 802.11 en aplicaciones en exteriores y para ello se modifica la capa de acceso al medio haciéndola determinística en lugar de aleatoria, lo que permite garantizar calidad de servicio, muy importante en aplicaciones de voz y además resuelve los problemas asociados con transmisión a distancia y con gran número de nodos. Aprovecha también para introducir nuevos sistemas de modulación y diferentes anchos de canal, lo que lo hace un sistema más versátil pero más complejo.

3. WIMAX

Durante los últimos años WiMAX se ha promocionado como el futuro estándar de banda ancha inalámbrica. Muchos de los proveedores inalámbricos de Internet (WISP) e instituciones gubernamentales están considerando la sustitución de soluciones basadas en IEEE 802.11 y la

inversión en tecnología WiMAX. El primer reto con el que se encuentran es valorar objetivamente lo que WiMAX puede ofrecerles y a qué precio. La pregunta que muchos se hacen es: ¿Es WiMAX la última tecnología de moda o es una opción verdaderamente realista en el campo de la conectividad inalámbrica de banda ancha?.

El protocolo IEEE 802.16 ha sido diseñado específicamente para operar en enlaces exteriores multipunto con un medio de acceso compartido. Uno de los aspectos más interesantes de IEEE 802.16 es que tiene la posibilidad de utilizar distintos mecanismos de capa física manteniendo los mismos mecanismos de acceso al medio (MAC). Esta característica permite a los fabricantes de soluciones IEEE 802.16 el diseño de equipos fácilmente adaptables a cualquier zona del espectro. Los equipos comparten la mayoría de los componentes de hardware a excepción de la lógica de la capa física y los radios.

En otras palabras, aunque las técnicas de modulación cambian dependiendo de la frecuencia de operación, el formato de los datagramas (paquetes), el control de errores, el acceso al medio, etc. son totalmente independientes de la frecuencia.



El protocolo IEEE 802.16 es un protocolo ambicioso que pretende satisfacer todas las necesidades de los operadores inalámbricos de banda ancha y de la industria. En muchos casos la decisión de usar una tecnología u otra depende de decenas de aspectos como el uso eficiente del espectro, la legislación, el acceso a la tecnología o la capacidad de inversión.

Por eso es importante que la discusión no sea puramente tecno-céntrica, sino que otros aspectos se valoren a la hora de tomar una decisión. En aconsejable por tanto no discutir si una tecnología “es mejor que otra” sino si una solución es más apropiada que otra en cierto contexto local y para ciertas aplicaciones.No es, por tanto, fácil responder a la pregunta: ¿WiFi o WiMAX?

3.1 Rango y Cobertura

El IEEE 802.11 es un protocolo de área local (interiores) que fue diseñado para operar en celdas de tamaño reducido (100 metros). Durante su diseño no se contempló la posibilidad de que fuera usado como una solución para enlaces multipunto en exteriores. La capa de acceso (MAC) de IEEE 802.11 sufre del problema del llamado “nodo oculto” y es uno de las razones por la que esta tecnología no rinde óptimamente en enlaces de larga distancia con muchos nodos[1].

El método de IEEE 802.11 (CSMA/CA) supone que todos los nodos que se comunican con un punto de acceso son capaces de “escucharse” y por lo tanto pueden evitar las colisiones. Las colisiones en IEEE 802.11 se evitan cuando todos los nodos de la red pueden detectar si el canal está ocupado o no. Desafortunadamente, este requerimiento no se cumple en las mayoría de los casos cuando la

1. Los efectos de la distancia se tienen que tener en cuenta en enlaces de más de 3 km

tecnología se usa en exteriores. Cuando más de diez nodos (algunas personas dirían 5, otras 50) están asociados a un mismo punto de acceso, el número de retransmisiones incrementa hasta el punto que el tiempo de acceso al medio es inviable desde el punto de vista práctico.

En términos simples, IEEE 802.11 funciona bastante mal cuando muchos usuarios se conectan a un mismo punto de acceso en un red exterior. Para mejorar este problema, muchas soluciones privativas han optado por incorporar un mecanismo conocido como "polling" o sondeo. El punto de acceso monitorea las peticiones de los clientes y les adjudica el uso del canal. Este mecanismo de sondeo (opcional en IEEE 802.11a,b,g y raramente implementado) le permite al punto de acceso decidir en qué momentos una estación cliente está autorizada a comunicarse con el punto de acceso. El problema de colisiones debidas a nodos ocultos no es algo nuevo e inclusive antes de que el estándar se aprobara, ya existían soluciones para resolverlo (Ej. Carlnet TurboCel incorporado en los productos comerciales de Solectek, instalados en Mérida en 1997, ver Figura 2)



Figura 2: Antena de Solectek instalada en Mérida, Venezuela en 1997como parte de RETIEM, Red Teleinformática del Estado Mérida, con enlaces de hasta 40 km.

La razón fundamental por la que estos mecanismos no se incorporaron al estándar es que IEEE 802.11 no fue diseñado para exteriores y el mecanismo de sondeo introduce una tara adicional que no se justifica para enlaces de corto alcance. Pero el hecho de que IEEE 802.11 no obligara el "polling" no evitó que algunas compañías lo hiciesen al precio de romper la compatibilidad con otros productos.
El desarrollo de IEEE 802.11 continúa y al día de hoy (octubre 2007) existen productos que incorporan ciertos mecanismos de calidad de servicio basados en la enmienda IEEE 802.11e del estándar que exige la utilización del sondeo como método de adjudicación del canal. La certificación de interoperabilidad WMM (WiFi Multimedia), basada en IEEE 11e, define cuatro tipos de categorías de tráfico (definidas en 802.1d). , al estilo DiffServ: voz, video, mejor esfuerzo y tráfico de poca prioridad.



*La enmienda **n** del 801.11, que aún no ha sido aprobada oficialmente pero cuyo uso ha sido sancionado por la WiFi Alliance, incorpora métodos de modulación más sofisticados que permiten una eficiencia espectral superior a 802.16 y , al igual que éste, incorporan la tecnología MIMO (Multiple Input, Multiple Output), que consiente mejorar tanto las tasas de transmisión como el alcance, aprovechando inteligentemente las reflexiones que causan estragos en los sistemas convencionales.*

Las reflexiones son responsables del fenómeno de la multitrayectoria, por el cual en un momento dado sobre la antena receptora inciden varias señales que han recorrido diferentes trayectos y por lo tanto están desfasadas causando errores de decisión en el receptor. Este efecto es más grave mientras mayor sea el ancho de banda de la señal transmitida, por lo que una manera de contrarrestarlo es repartiendo la señal a transmitir entre numerosas subportadoras, cada una de las cuales transporta una fracción del caudal, en lo que se conoce como la técnica OFDM (Orthogonal Frequency Diversity Multiplexing -Multiplexaje por división de frecuencias ortogonales-).

OFDM es utilizado ya en 802.11 a y g pero en 802.16 se incrementa el número de subportadoras y se introduce la posibilidad de hacer este número variable en función del ancho de banda del canal, pudiéndose inclusive utilizar como mecanismo de compartición del canal en lo que se conoce como OFDMA (Orthogonal Frequency Diversity Multiple Access – Acceso múltiple por diversidad de portadoras ortogonales).



El término ortogonal se refiere en este caso a que las portadoras se seleccionan de manera de minimizar la interferencia entre ellas gracias a la propiedad matemática de ortogonalidad.

El IEEE 802.16 hace un uso más eficiente del canal de comunicaciones porque la estación base es capaz de programar los tiempos de acceso de cada unos los clientes.

Como se ha mencionado anteriormente, la cobertura útil de una red con IEEE 802.11 depende crucialmente del número de nodos ocultos. En este aspecto, IEEE 802.16 es muy superior porque permite la asignación de cierto ancho de banda a un cliente (usando TDMA) sin tener que preocuparse por posibles colisiones. El uso de TDMA también favorece la incorporación de antenas inteligentes capaces de modificar dinámicamente la dirección y forma de su haz. Una antena inteligente combina múltiples elementos asociados a un procesador de señal capaz de optimizar el haz de cobertura automáticamente.

En 802.16 también se permite la conexión directa entre clientes, e inclusive el reenvio de la información a otros nodos, sin necesidad de la mediación de la estación base, en lo que se conoce como la tecnología “mesh”.



Los canales de bajada y de subida en 802.16 son totalmente asimétricos, pudiendo inclusive utilizar diferentes tipos de modulación.

3.2 Escalabilidad y rendimiento

Mientras que IEEE 802.11 tiene un ancho de canal fijo de 20 MHz, IEEE 802.16 ofrece la flexibilidad de escoger el ancho de banda que se usa en cada canal de radio. Los canales pueden ser mucho mas estrechos desde 1,5 MHz hasta un máximo de 20 MHz. Esta posibilidad tiene implicaciones directas en el mejor uso del espectro y la planificación de una red celular. El número máximo de canales no solapados es de 3 en IEEE 802.11b y 8 en IEEE 802.11a. En el caso de IEEE 802.16 el número de canales está limitado únicamente por el espectro disponible.

Respecto a la eficiencia espectral, IEEE 802.11 es capaz de enviar un máximo de 2,7 bps/Hz. En un canal de 20 MHz puede tranferir un máximo de 54 Mbps. IEEE 802.16 puede enviar un máximo de 70 Mbps en el mismo canal de 20 MHz. Estos valores son los máximos porque el rendimiento neto depende de la existencia de linea de vista, interferencias y otros factores. Es realista pensar en valores útiles en torno a los 50 Mbps a distancias cortas. IEEE802.11n ofrece una tasa de transmisión teórica máxima de 200 Mbps en el mismo canal de 20 Mhz.

3.3 Calidad de Servicio

La calidad de servicio en IEEE 802.11 se ha mejorado tras la inclusión del estándar IEEE 802.11e. Desgraciadamente, IEEE 802.11e sólo incluye un soporte limitado basado en la priorización de tráfico. IEEE 802.16 implementa reglas más complejas y permite la asignación de atributos de calidad de servicio a cada uno de los flujos de tráfico entre la estación cliente y el punto de acceso.

3.4 IEEE 802.16d-2004

Esta enmienda contempla un solo mecanismo de acceso al medio, pero tres capas físicas: una que utiliza una sola portadora, otra que utiliza OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) con 256 subportadoras y la tercera con 2048 subportadoras OFDM. Esto se alinea con el estándar HiperMAN de ETSI (European Telecommunication Standards Institute) con la excepción de que este último sólo emplea OFDM. Los esquemas de modulación y de codificación pueden ser adaptativos, dependiendo de la distancia a la que se encuentra el suscritor de la estación base, sacrificando tasa de transmisión

en aras de mantener servicio a los suscritores más alejados. La eficiencia espectral es mayor que la de 802.11a/g pero menor que la de 802.11n.

3.4.1 Configuración Básica

La configuración básica consiste de una Estación Base (BS) conectada a la red pública bien sea por fibra óptica, enlace satelital u otro enlace de radio, que le da servicio a cierto número de estaciones de suscritor (SS) en una configuración Punto-Multipunto, aunque el estándar también contempla la posibilidad de conexión directa entre SS en una configuración de malla (mesh). Se pueden ofrecer múltiples servicios con diferentes niveles de QoS (Quality of Service) simultáneamente, muy conveniente para multimedia.

Todo el tráfico es orientado a conexión para permitir los niveles de calidad de servicio requeridos.

Tanto la estación base como las de suscritores son fijas, y éstas últimas pueden dar servicio a todo un edificio en combinación con otras tecnologías, como WiFi o PLC (Power Line Communication), también conocida como BPL (Broadband over Power Lines), que consiste en utilizar el cableado eléctrico existente para transmisión de datos a alta velocidad.



El mecanismo de acceso al medio es TDM/TDMA (Time Division Multiplexing/Time Division Multiple Access), lo que significa que la estación base transmite a diferentes suscritores en diferentes ranuras de tiempo. Cuando una SS requiere transmitir una trama envía la solicitud a la BS quien le adjudicará un cierto número de ranuras de tiempo en el canal ascendente dependiendo de la calidad de servicio solicitado y de la disponibilidad. Las capacidades de la SS se conocen en el momento de la inicialización.

Existen tres maneras de manejar las dos direcciones de tráfico: FDD (Frequency Diversity Duplexing) , TDD (Time Diversity Duplexing) y Half Duplex.

En la primera se utilizan dos bandas de frecuencias, una para cada sentido de tráfico. Ambas bandas deben estar separadas por un intervalo que permita que los filtros de RF separen los dos canales de tráfico. Esto significa que el operador debe disponer de canales “pareados”, separados por un espacio que él no puede usar, lo que le resta flexibilidad y eficiencia en el uso del espectro a esta solución.

En TDD se utiliza la misma frecuencia para ambas direcciones de tráfico, pero en intervalos de tiempo distintos. Los intervalos son tan cortos que el usuario tiene percepción de que el tráfico es simultáneo. Esta solución es más económica, porque no requiere de filtros costosos como la anterior y es más flexible en el uso del espectro al no exigir canales pareados ni banda de guarda entre los mismos por lo que es la más difundida. En el enlace ascendente a cada SS se le asigna una ráfaga mientras que en el descendente a cada SS se le asigna un número variable de ranuras de tiempo. Esto permite

utilizar canales asimétricos, es decir, que pueden tener diferentes velocidades de transmisión en cada sentido del tráfico, cambiables dinámicamente según los requerimientos.
En Half Duplex se utiliza una sola frecuencia, tanto para el canal descendente (downlink) como para el canal ascendente (uplink) pero se emplea un tiempo significativo en la conmutación del canal y no es posible la transmisión y recepción simultáneas.

3.5 WiBro

La primera aplicación en gran escala de la tecnología WiMAX se realizó en Corea en el 2006, en la banda de 2,3 GHz y con canales de 9 MHz, utilizando un estándar propio denominado WiBro. Ermanno Pietrosemoli tuvo la oportunidad de presenciar la demostración de este producto que hizo la empresa Samsung en la isla de Jeju, Corea del Sur, en agosto del 2005. Se comprobó el "handover" (transferencia de una estación base a otra) en un vehículo que se desplazaba a 80 km/h. La tasa de transmisión permitía video de buena calidad y rápida transferencia de archivos.



Figura 3: Estación Base WiBRO de Samsung. Corea del Sur. Agosto 2005.

En la actualidad WiBro se ha alineado con el estándard 802.16e-2005 y constituye uno de los perfiles aceptados como parte de WiMAX móvil.

3.6 Conclusión

Desde el punto de vista técnico está claro que WiMAX resuelve muchos de los retos presentes en enlaces inalámbricos en exteriores. A la hora de seleccionar una tecnología es necesario considerar no sólo los aspectos técnicos sino la totalidad del escenario que queremos construir. Nos debemos preguntar qué funcionalidades queremos implementar y si el precio de esas funcionalidades y mejoras es justificado. Al día de hoy, las soluciones WiFi o las que hacen uso de extensiones propietarias ofrecen la mejor relación funcionalidad-precio.



La explicación de esta relación calidad-precio es simple. El mercado de WiMAX no son las redes comunitarias o el consumidor local. WiMAX quiere penetrar el mercado de las telecomunicaciones del lado de los operadores y sobre todo el acceso inalámbrico en entornos metropolitanos.

El mercado de las MAN (Metropolitan Area Network)es un mercado urbano con gran densidad de población que permite rápidos retornos de la inversión en infraestructura. Los equipos son más caros pero el mercado también es más grande. En zonas rurales, las inversiones en WiMAX van a estar fuera del alcance de la mayoría por bastante tiempo. Los precios de las estaciones base rondan los 10,000 USD para un solo sector y pueden alcanzar los 30,000 USD por una solución multisector. Al precio de la estación base se debe añadir los equipos de alimentación energética, la torre, seguridad física etc.

Para entender el mercado de WiMAX es necesario entender los modelos de negocio de las compañías de telefonía celular. El costo de los equipos cliente probablemente sea subvencionado (350-500 USD) de la misma forma que los teléfonos celulares lo fueron en su momento. Este modelo es difícilmente replicable en un entorno rural donde la capacidad de inversión es muy pequeña. Es por eso que las redes que usan WiFi ofrecen un modelo más lineal de inversión: las estaciones base de alta calidad rondan los 1000 USD y se pueden instalar clientes por unos 130 USD.

WiMAX es una tecnología a considerar en entornos rurales donde el costo de ancho de banda internacional sea relativamente pequeño. La construcción de una red con WiMAX que usa una salida internacional por satélite es una opción difícilmente justificable.



Otro aspecto que no debemos olvidar es el consumo de energía. Las soluciones que usan WiMAX requieren mucha más energía que las basadas en WiFi. Una estación típica que opera seis sectores necesita una potencia de 1500 W. Los clientes actuales necesitan entre 15 y 30 W.

4. Soluciones no Estándar

Como se mencionó en la introducción, varios fabricantes e integradores ofrecen equipos que, apartándose en diferentes grados de los estándares establecido, logran buenas prestaciones a precios razonables. Aunque generalmente es preferible irse por equipo estandarizado, a veces puede ser conveniente utilizar alguna de estas soluciones.Describiremos brevemente algunas con las que hemos trabajado.

4.1 MIKROTIK

Mikrotik es una empresa basada en Riga, Latvia, que tiene muchos a años de experiencia con redes inalámbricas. Ha desarrollado su propio softtware para enrutamiento y vende las licencias respectivas en función de las prestaciones requeridas. El producto principal se llama ***RouterOS***, está basado en Linux y ofrece la mayoría de las funcionalidades requeridas de un enrutador, con funciones como cortafuego, redes privadas virtuales (VPN), control de ancho de banda y funcionalidades de Punto de Acceso y Puente inalámbrico. Este software permite implementar un enrutador a partir de cualquier PC que soporte Linux y las interfaces requeridas. Mikrotik también suministra dispositivos conocidos como "***routerboards***" , que representan un caso particular de "***single board computers -SBC-***" específicamente diseñados para realizar funciones de enrutamiento por lo que soportan varias interfaces de red, alguna de las cuales pueden ser inalámbricas, generalmente utilizando el formato miniPCI.

Los routerboards más comunes son el RB 532 y el nuevo RB 333 con mejores prestaciones.

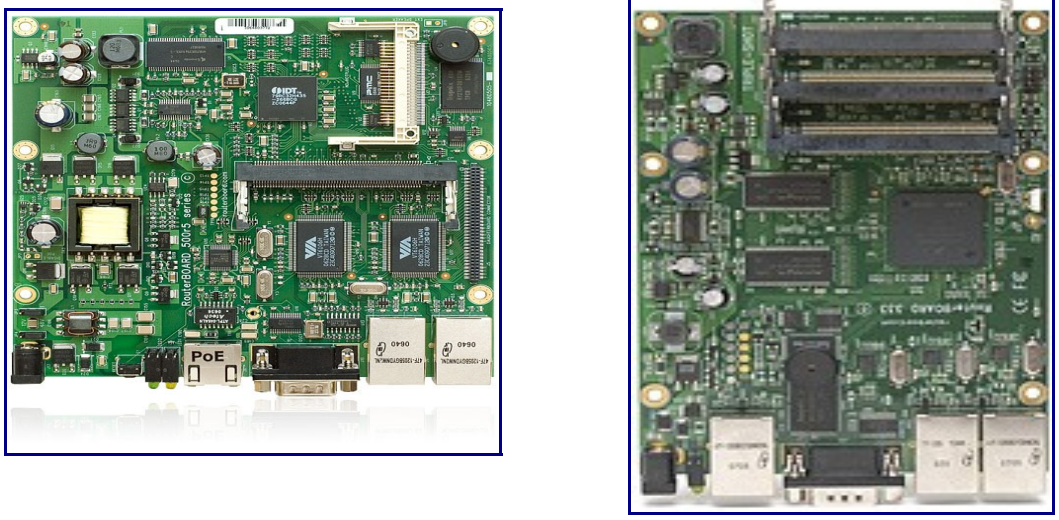


Figura 4: Routerboard RB 532 y RB333

Este último usa un procesador PowerPC y tiene tres ranuras para tarjetas miniPCI por lo que puede manejar hasta 3 radios en diferentes bandas de frecuencia.http://routerboard.com/comparison.html

Mikrotik también tiene un software más especializado, denominado ***Nstreme***, que facilita la implementación de enlaces de larga distancia porque basta configurar los equipos indicando la longitud del trayecto sobre el que van a operar, soportando centenares de kilómetros. La versión ***Nstreme2*** permite implementar *FDD -Frequency Diversity Duplexing- ,* por lo que en plataformas con dos radios se puede tener simultáneamente transmisión y recepción con el consiguiente aumento del rendimiento.

Nstreme también puede funcionar en la modalidad punto-multipunto, en cuyo caso emplea sondeo (polling) de las estaciones conectadas para ofrecer un método de acceso al medio más eficiente a largas distancias que CSMA/CA.



Nótese que los dispositivos Mikrotik pueden conectarse con otros que implementen el estándar 802.11, pero sacrificando las características de mayor alcance y velocidad de transmisión.

4.2 Alvarion

Esta empresa de origen israelí desde hace varios años se ha dedicado a fabricar equipos inalámbricos adecuados para trabajar en ambientes hostiles. En 2002, en ocasión de seleccionar un puente inalámbrico que pudiera operar a 4765 m de altura, Ermanno constató que la mayoría de los fabricantes sólo garantizan el funcionamiento de sus equipos hasta 3000 m de altura. Al investigar sobre el tema se encontró que el motivo es que al disminuir la densidad del aire con la altura se hace menos eficiente el mecanismo de transferencia de calor por la disminución del número de moléculas de aire disponibles para transferir el calor al ambiente. Por esto, para operar a grandes alturas los dispositivos electrónicos deben estar dotados de disipadores térmicos sobredimensionados.

Es un tema que vale la pena mencionar porque es frecuente que escojamos sitios altos para aumentar el alcance de las transmisiones, y porque en América del Sur hay poblaciones a grandes alturas.

En consecuencia, en octubre del 2002 instalamos un enlace entre el Pico Espejo, a 4765m de altura y un laboratorio de la Universidad de los Andes a 1800 m de altura, en un trayecto de 16 km, utilizando los equipos DS 5800 de Alvarion que operan en la banda de 5,8 GHz. Este enlace se utiliza para transmitir datos científicos recabados por diferentes instrumentos como se muestra en la Fig.5.

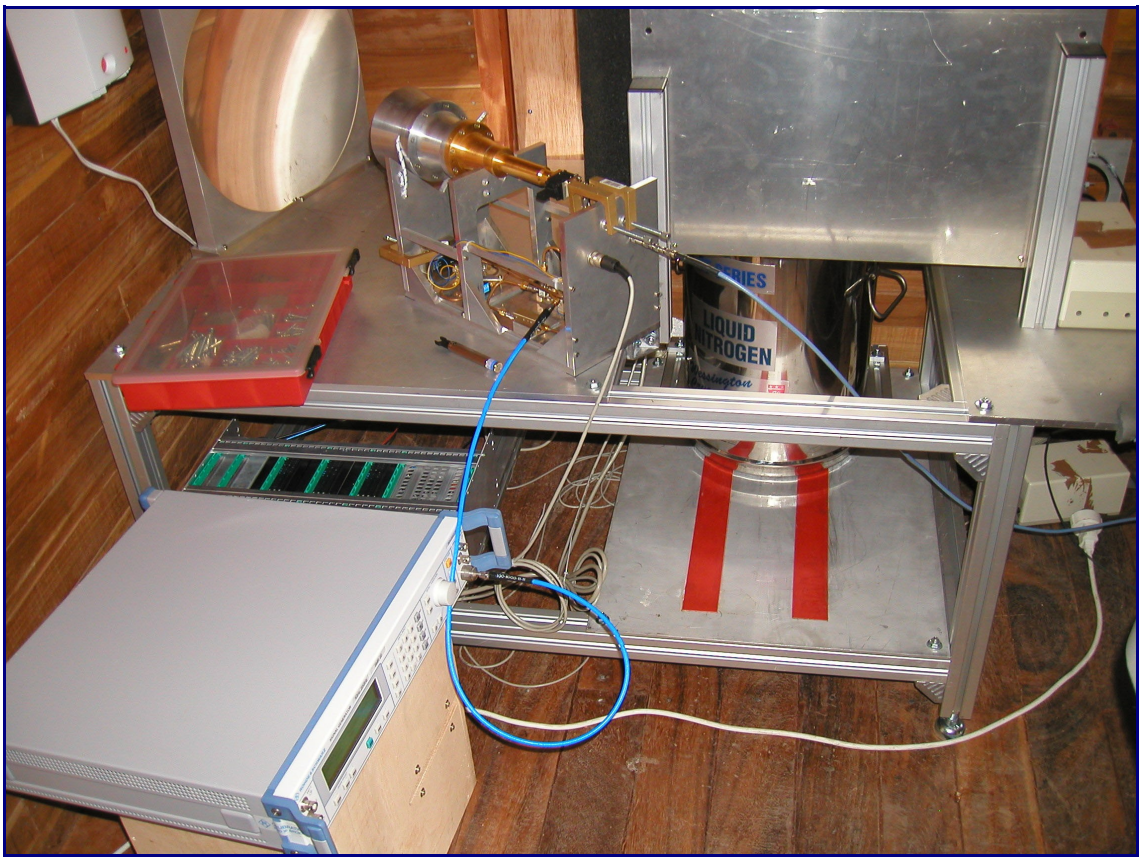


Figura 5: Receptor para señales de 270 GHz. Nótese la calidad de la antena reflectora y la utilización de nitrógeno líquido para disminuir la temperatura de ruido del receptor. Estación Alejandro Humboldt, Pico Espejo, Estado Mérida, Venezuela. http://www.cecalc.ula.ve/redbc/estaciones/estacion_pico_espejo_mars.html

Estos instrumentos sondean el ambiente y la atmósfera, en particular para el monitoreo de la capa de ozono, como parte del proyecto MARS (Merida Atmospheric Research Station). También se instaló una videocámara que transmite imágenes en vivo del Pico Bolívar, junto con información sobre la insolación, presión atmosférica y temperatura, datos disponibles en http://www-imk.fzk.de/imk2/mira/Merida/Merida.html

Como muchos sistemas de este tipo, el DS5800 consta de una unidad para instalacion interna (IDU-InDoor Unit) que se muestra en la figura 3 y una unidad externa (ODU OutDoorUnit) a prueba de intemperie que se muestra en la figura 4. Nótese las aletas de disipación térmica y la antena plana incorporada.

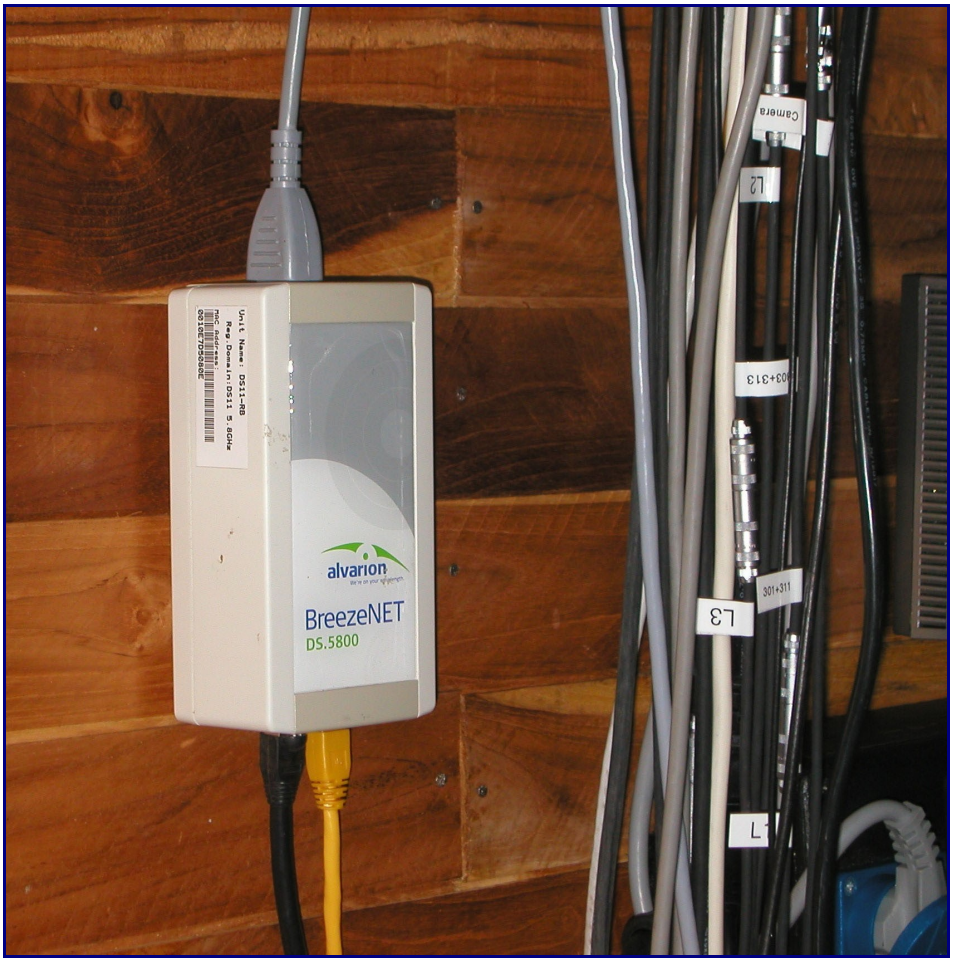


Figura 6: IDU del Alvarion DS5800 instalado en pico Espejo.



Figura 7: Unidad externa Alvarion DS5800 con antena plana.

En la actualidad Alvarion ha convertido esta línea de productos al estándar WiMAX, siendo uno de los fundadores del WiMAX Forum. Estuvieron entre los primero fabricantes en someter sus equipos a las pruebas de interoperabilidad de WiMAX fijo.



Figura 8: Línea de productos WiMAX de Alvarion.

La solución para WiMAX móvil de Alvarion está siendo evaluada para su despliegue en Rosario, Argentina, por ERTACH en 3,5 GHz. Ver http://www.dailywireless.org/2007/10/10/

4.3 Canopy

Esta línea de productos de Motorola ha tenido gran aceptación, gracias a la gran experiencia de la empresa en tecnología inalámbrica. Se ofrece en varias gamas de frecuencias, 900 MHz, 2400 MHz, 5,15 GHZ, 5,4 GHz y 5,8 GHz. Son soluciones muy versátiles, con una caja plástica a prueba de intemperie que incorpora el radio y una antena de 8 dBi, alimentada a través del cable UTP para exteriores mediante PoE. El alcance se puede aumentar fácilmente añadiendo un reflector parabólico que incrementa la ganancia a 26 dBi. Hay varias opciones con diferentes caudales, en configuración punto a punto que alcanzan varias decenas de kilómetros, o punto a multipunto con unos pocos kilómetros. En el último caso, se pueden combinar hasta 6 unidades, cada una dotada de una antena sectorial de 60 grados, para obtener una estación base con cobertura de 360 grados. Como este es un sistema TDMA, al combinar varios AP en el mismo sitio se requiere de un receptor GPS para sincronización. El sistema de modulación empleado es muy robusto, por lo que puede tolerar bastante interferencia, ya que requiere de apenas 3 dB de relación de portadora a interferencia. La contrapartida es que la eficiencia espectral es modesta, por lo que Motorola está ofreciendo también soluciones basadas en WiMAX móvil, denominada motoWi4. Ver www.motorola.com/motowi4

Motorola sigue ofreciendo también otros productos que ofrecen muy buenas prestaciones en términos de distancia y tasa de transmisión, alcanzando los 300Mbps y 200 km, pero a costos significativos.

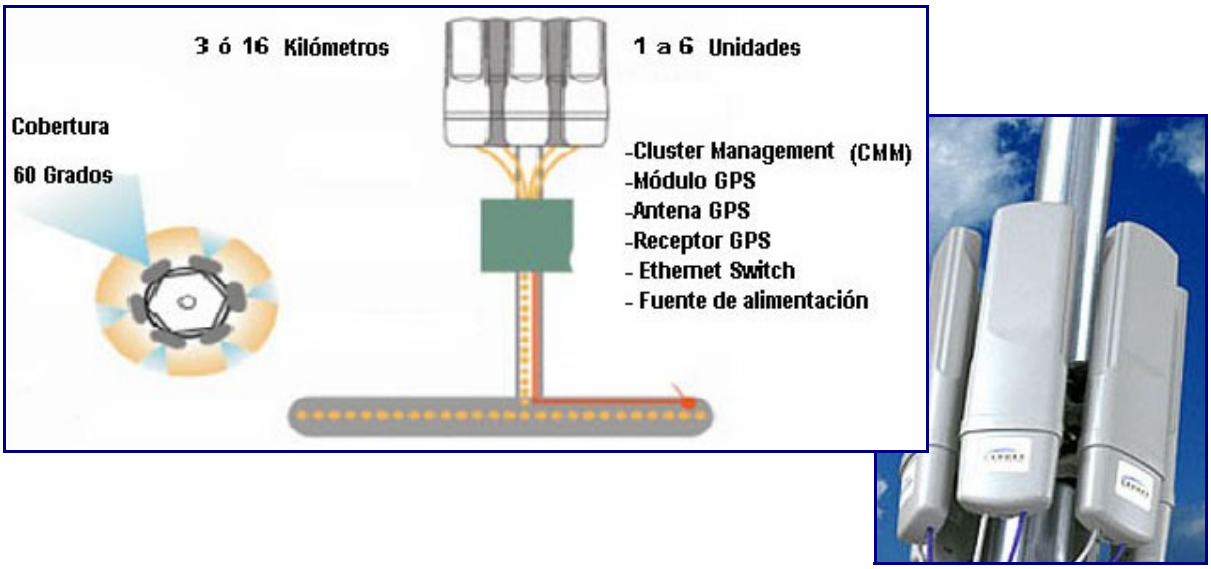


Figura 9: Estación Base Motorola Canopy.



Figura 10: Enrutador inalámbrico Motorola Canopy con reflector parabólico para aumentar la ganancia.

El enrutador inalámbrico Canopy está alojado en una caja plástica a prueba de intemperie que contiene también una antena de 8 dBi. Se puede utilizar independietemente, o con un reflector parabólico que aumenta la ganancia a 26 dBi.

5. Conclusiones

La oferta de soluciones inalámbricas para enlaces en exteriores ha mejorado notablemente en los últimos años, tanto en gama de productos como en precios. Está por verse si WiMAX puede realmente acorralar el mercado y convertirse en la solución preferida, o si va a correr la misma suerte de ATM, una solución técnicamente impecable pero que no pudo competir en precio con Ethernet. El equivalente de Ethernet en est caso es WiFi, que con las enmiendas **e** y **n** al estándar 802.11 compite en ciertas prestaciones con WiMAX manteniendo un precio más bajo.

Los cinco puntos principales que usted debe recordar de esta unidad se pueden resumir en:

1. El Estándar IEEE 802.16 es la base de WiMAX.
2. Hay dos versiones de WiMAX, una orientada a clientes fijos, basada en IEEE 802.16-2004 (802.16d) y otra para clientes móviles, basada en IEEE 802.16-2005 (802.16e).

3. Aunque WiMAX tiene muchas ventajas técnicas con respecto a WiFi, este último ha continuado avanzando y colmando muchas de las lagunas del estándar original, manteniendo una notable ventaja económica .

4. WiFi es más accesible para organizaciones que quieran instalar su propia infraestructura, mientras que WiMAX normalmente es instalado por una empresa especializada

5. Aunque existen soluciones comerciales para redes inalámbricas que pueden ser las más convenientes en algunos casos, en general es preferible utilizar soluciones estándar que presentan mejores garantías de continuidad de soporte en el tiempo.

6. Recursos Adicionales

6.1 En Línea

www.**wimaxforum**.org

Este es el sitio oficial del foro WiMAX. Los materiales están en inglés.

http://wireless.ictp.it

Toda la información sobre los cursos de redes inalámbricas que se dictan en el ICTP anualmente, y una buena colección de materiales en inglés sobre redes inalámbricas.

http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX

Buena reseña de los despliegues WiMax en América Latina además de las generalidades de WiMAX.

7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia 3.0 **Atribución-NoComercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.



Unidad 11: Instrucciones para ejercicios Resolución de Problemas de Redes Inalámbricas

Autores: *Alberto Escudero Pascual /, IT +46*

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual..... 2
1.2 Grado de dificultad..... 2
1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Resolución de problemas en redes inalámbricas: Ejercicios..... 3
2.1 Ejercicio 1: Capa 1 – La capa de acceso al medio..... 3
2.2 Ejercicio 2: Capa 2 – La capa IP..... 4
2.3 Ejercico 3:Capa 3 + - La capa de transporte y superiores..... 4
3. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 4

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia:http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio” con algunas partes adicionales “avanzadas”.

Todas las secciones “avanzadas” están dentro de un recuadro de fondo gris, para que el lector tenga conciencia del mayor grado de dificultad.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Resolución de problemas en redes inalámbricas: Ejercicios

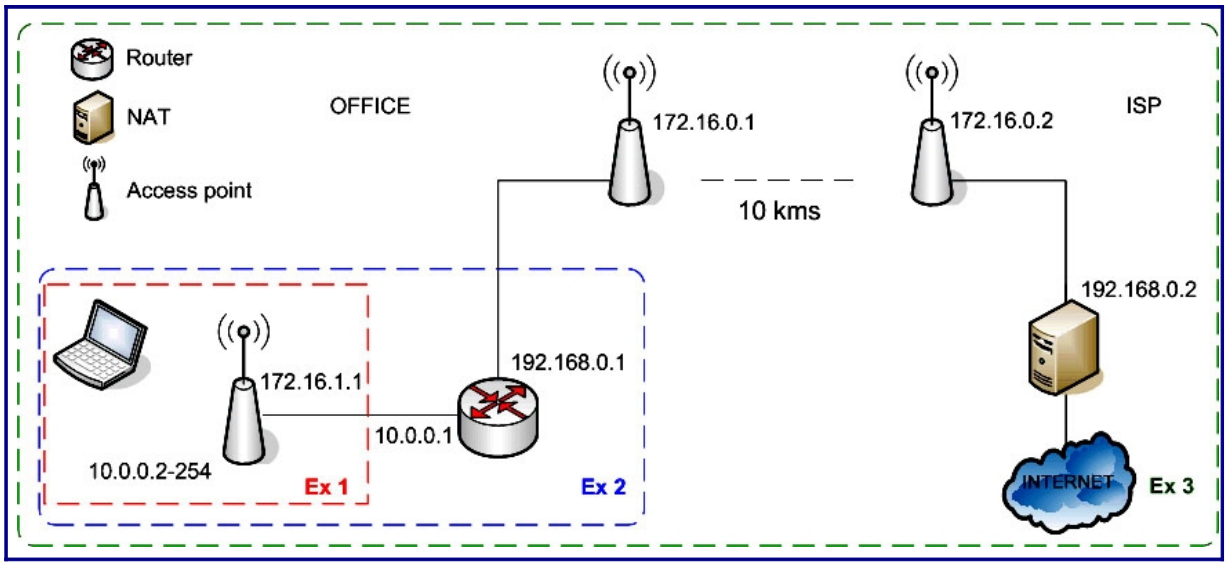


Figura 4: Ejercicio1



Nota para los instructores: Explicar que en muchos casos un AP también incluirá un enrutador. En los ejercicios están separados para mayor claridad.

El Access Point + Router puede ser un dispositivo "Wireless Router".

2.1 Ejercicio 1: Capa 1 – La capa de acceso al medio

Considere lo siguiente:

- La tarjeta de radio funciona apropiadamente (está insertada correctamente, verificar las luces de los leds)?
- Los drivers correctos
- El firmware correcto
- SSID
- WEP/WPA2

- Señal de radio
- Use Netstumbler, Wavemon

2.2 Ejercicio 2: Capa 2 – La capa IP

Considere lo siguiente:

- Verfique si el cliente tiene una dirección IP local
- Haga un ping al gateway por defecto (servidor DHCP)
- Verfique si existen paquetes duplicados
- Verfique sus configuraciones IP (DHCP, IP fijo)
- Verfique si puede hacer ping a la IP (podría necesitar cambiar su configuración IP)
- *Use un sniffer para examinar el flujo de la red*

2.3 Ejercico 3:Capa 3 + - La capa de transporte y superiores

Considere lo siguiente:

- Describa las tablas de enrutamienta correspondientes a este caso
- Verifique las configuraciones DNS, ¿dónde debería estar colocado un DNS secundario?
- ¿Se necesita autenticación? ¿Dónde debería estar colocado un portal cautivo?
- Tiempos de desconexión de la aplicación ¿Dónde podría ocurrir una congestión?
- Verifique las configuraciones del proxy, ¿Dónde debería estar colocado un proxy HTTP?
- Usando “traceroute”, resuelva los problemas en los diferentes segmentos de la red y describa las pruebas que puede hacer en cada parte.

3. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución- No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 abril 2007. Cambios en la versión 1.1:Sección 3 adicionada (Antes del modelo OSI). Discusión sobre la importancia de fuentes de corriente estable y la actualización de firmware para los equipamientos.

Unidad 11: Guía para Resolución de Problemas de Redes Inalámbricas

Autores: *Onno Purbo, Alberto Escudero Pascual /,Louise Berthilson, IT +46*

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual..... 2
1.2 Grado de dificultad..... 2
1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. Antes del modelo OSI..... 4
3.1 Fuente de corriente estable..... 4
3.2 Actualización del Firmware..... 5
4. Metodología..... 5
4.1 Resolución de problemas de arriba a abajo..... 6
4.2 Resolución de problemas de la mitad a arriba, de la mitad a abajo..... 6
4.3 Ejemplo práctico..... 6
5. Herramientas para la resolución de problemas..... 8
6. Escenario 1: ¿Interferencias de radio?, ¿Canales ocupados?..... 8
7. Escenario 2: ¿Red congestionada? ¿Inundación?..... 9
8. Escenario 3: ¿Por qué este servicio de red no está trabajando? ¿Conexión rechazada?..... 10
9. Controlando la interferencia..... 12
9.1 Interferencia y ruido..... 12
10.2 Maximizando el nivel de la señal recibida..... 12
10.3 Minimizando los niveles de interferencia y ruido..... 13
10.4 Estrategias para controlar la interferencia..... 13
10. Conclusiones..... 13
11. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 14

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia:http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio” con algunas partes adicionales “avanzadas”.

Todas las secciones “avanzadas” están dentro de un recuadro de fondo gris, para que el lector tenga conciencia del mayor grado de dificultad.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Esta unidad propone un enfoque metodológico para la resolución de problemas de redes inalámbricas. El principal asunto de la resolución de problemas de cualquier red de comunicación es identificar qué está pasando cuando las cosas “van mal”. En lugar de reiniciar todo aquello que sea enchufable a la corriente, o de echarle la culpa a las condiciones climáticas, proponemos seguir el modelo OSI para intentar encontrar la causa del problema.



El modelo de referencia OSI (Interconexión de sistemas abiertos), creado por ISO (Organización de Estándares Internacionales), es una descripción abstracta para el diseño de protocolos de redes de computadoras.

El modelo divide las diferentes funciones de comunicaciones en siete capas que pueden trabajar independientes unas de otras.

El diseño del protocolo de Internet sigue una estructura similar a la del modelo OSI. Cada *capa* del protocolo sólo usa la funcionalidad de la capa de abajo y provee funcionalidad solamente a las capas de arriba. Esta estructura es de gran ayuda cuando se trata de resolver un problema pues nos ayuda a aislar donde está localizado el problema.



Lo primero que necesitamos hacer cuando las cosas van mal es tratar de identificar en qué "capa" aparece el problema y cuál capa es la causa del problema.

Por ejemplo, los usuarios siempre se quejarán de que una aplicación "x" no está funcionando! (Capa 7 de OSI) pero la causa del problema puede estar en alguna de las capas de abajo. Por ejemplo, esto puede estar relacionado con la falta de señal de radio (Capa 1 de OSI) o a la falta de una dirección IP (Capa 3 de OSI).

Capa	***OSI***	***TCP/IP***
7	Aplicación	Aplicación
6	Presentación	
5	Sesión	**Transporte (TCP)**
4	Transporte	
3	Red	**Red (IP)**
2	Enlace de datos	Control de Acceso al medio
1	Física	

Tabla 1: Modelo OSI versus la suite de protocolos TCP/IP

3. Antes del modelo OSI

Antes de que el modelo OSI se vuelva una metodología aplicable para la resolución de problemas, debemos asegurarnos de que todas las unidades implicadas estén correctamente iniciadas y estén equipadas con el más reciente firmware.

3.1 Fuente de corriente estable

Cuando un equipamiento inalámbrico aranca, el hardware es extremadamente sensible a fluctuaciones de la tensión eléctrica. Una interrupción o fluctuación de energía , causada ya sea por un corte en el fluido eléctrico, un bajón en la corriente o por alguna accidental desconexión del enchufe, puede causar un daño fatal a las partes del dispositivo inalámbrico.

Ejemplos de hardware que pueden ser afectados por interrupción de la energía son las memorias flash y los controladores Ethernet. Si la memoria flash es dañada durante la secuencia de arranque, la unidad completa debe ser reemplazada. Si un controlador Ethernet falla (suponiendo que sólo uno estaba disponible), el dispositivo se vuelve inusable puesto que, aunque la parte inalámbrica podría funcionar, ni la red local, ni la salida a Internet podría ser conectada al dispositivo.



Tenga siempre esto en mente: use siempre una fuente estable de energía cuando esté trabajando con dispositivos inalámbricos, especialmente en el momento del arrancar. Si sabe que el sistema eléctrico es inestable, use un UPS o un estabilizador para proteger el equipamiento.

Daños similares al hardware pueden también ocurrir cuando al alimentar un dispositivo con muy bajo o muy alto voltaje y/o corriente. Esto puede ocurrir accidentalmente si usa una fuente de alimentación inadecuada. Las fuentes de alimentación tienden a verse muy similares independiente de qué marca o modelo están diseñados y es fácil intercambiar y confundir fuentes de diferentes unidades. Si su implementación inalámbrica incluye dispositivos de diferentes marcas y modelos, marque todas las fuentes (con cinta o similar) con la marca y modelo para la que ha sido diseñado y escriba el voltaje y la corriente que erogan.



Antes de prender una unidad inalámbrica, estudie primero el comportamiento normal de los LEDs en el Manual de Usuario. Haciendo esto, podrá fácilmente seguir la secuencia de arranque y asegurarse de que el dispositivo lo ha hecho apropiadamente.

3.2 Actualización del Firmware



El firmware es una pieza de software que está embebida en un dispositivo de hardware. A menudo viene en una memoria flash de sólo lectura (ROM) o como un archivo de imagen binario que puede ser inscrito sobre el hardware por el usuario.

Cada dispositivo viene con una versión de firmware que ha sido instalado por el fabricante. Sin embargo, el firmware de un dispositivo es constantemente actualizado y siempre habrá disponibles nuevas versiones. Es responsabilidad del cliente mantener actualizado el firmware de estos dispositivos. Comúnmente el más reciente firmware está disponible para descargas en el sitio web del fabricante.

La actualización de firmware puede mejorar las prestaciones y confiabilidad de un dispositivo y corregir defectos (bugs) de funcionamiento. También puede mejorar la funcionalidad básica disponible de un dispositivo introduciéndole nuevas rutinas.



Haga un hábito el comprobar siempre la versión del firmware de una nueva unidad con la que vaya a trabajar. El dispositivo puede haber estado almacenado por varios meses por un vendedor local y contener una versión de firmware no actualizado en el momento en que adquiera la unidad.

Usar una versión no actualizada de firmware puede resultar en un problema inesperado, dependiendo de qué aspectos hayan sido corregidos desde esa versión. Correr un dispositivo con un firmware no actualizado puede causar muchas horas de frustación aún usando las metodologías presentadas en este documento.

4. Metodología

Dependiendo de la información que tengamos en adelante podemos tomar dos enfoques:

- Resolución de problemas de arriba a abajo y
- Resolución de problemas de la mitad a arriba, o de la mitad a abajo.

4.1 Resolución de problemas de arriba a abajo

Cuando hay un "problema", la resolución de problemas de arriba a abajo comienza verificando la configuración de la aplicación y termina verificando si hay interferencia en el radio enlace, o si hay un bajo nivel de señal en el radio receptor.

4.2 Resolución de problemas de la mitad a arriba, de la mitad a abajo



Cuando hay un "problema", este enfoque inicia verificando si hay conectividad IP al servicio solicitado o el enrutador de frontera, y dependiendo del resultado intenta resolver las capas de arriba o de abajo. Este enfoque es el más popular, ping <el servicio>, ping <el enrutador>.

Desafortunadamente, la mayoría de las veces esto solo ayuda a identificar con quién quejarse, en vez de resolver el problema. Si el "ping" al enrutador de frontera falla, entonces podemos quejarnos con el proveedor inalámbrico; si el ping al servicio falla, entonces podemos quejarnos con el proveedor internacional. Si ninguno de estos falla, entonces nos quejamos del usuario o del sistema operativo.

Cualquiera que sea el enfoque que tomemos para resolver un problema es importante que estemos familiarizados con las herramientas que son apropiadas cuando analizamos cada una de las capas funcionales de nuestra red.

El último objetivo de tener una metodología es que le permitirá describir *procedimientos de resolución de problemas* y ser capaz de identificar qué problemas requieren altos niveles de experticia.

4.3 Ejemplo práctico

Tomemos un ejemplo para ilustrar el enfoque. Si alguien le llama y grita "!*No puedo leer mi hotmail* !*",* usted necesita tener un método para identificar la causa sin tener que llamar al mejor de sus ingenieros de red.

Si seguimos el *primero* de los métodos propuestos (de arriba a abajo) haremos las siguientes preguntas tratando de identificar donde está el problema:

- ¿Qué programa usa para chequear su e-mail? (Verificando problemas de aplicación)
- ¿Puede verificar las configuraciones de proxy de su programa?
- ¿Logra entrar a otros sitios de Internet? (Verificando problemas de DNS)
- ¿Tiene su aplicación un tiempo de desconexión (time out)? (Verificando problemas de sesión TCP)

- ¿Se ha autenticado con el servidor de control de acceso? (Verificando problemas de autenticación)
- ¿Logra entrar al sitio web del enrutador/proveedor? (Verificando problemas de enrutamiento)
- ¿Tiene una dirección IP? (Verificando problemas de IP)

Si seguimos el *segundo* método propuesto (de la mitad a abajo/a arriba) haremos las siguientes preguntas:

- ¿Puede hacer ping a hotmail.com?
- ¿Puede hacer ping a <dirección IP del enrutador de frontera del ISP inalámbrico>?

Si las dos respuestas son “no”:

- ¿Tiene una dirección IP?
- ¿Se ha autenticado con el servidor de control de acceso?

Clasificar los problemas no es una tarea fácil; los problemas varían de red a red – pero la *metodología* que usamos para resolverlos siempre es la misma.

Hay una manera fácil de clasificar cualquier problema en una red:

- Las cosas no funcionan nunca (¿Por qué mi computadora no <incluir palabra aquí>?)
- Las cosas no funcionan a veces... (o las cosas funcionan, pero “mal”) (¿Por qué mi computadora esta tan lenta?)

El **primer tipo** de problema es normalmente más fácil de resolver, proviene de problemas relacionados con un mal presupuesto del enlace, pérdida de potencia en el equipo, desalineamiento de antenas, mala configuración, etc.

El **segundo tipo** de problema, especialmente cuando se relaciona con las capas más bajas de la pila TCP/IP, es más difícil de resolver y requerirá que monitoree todos los parámetros inalámbricos durante un periodo de tiempo mientras intenta identificar la causa del problema.

En la tabla 2, incluimos un conjunto de herramientas que pueden ayudarnos a resolver estos problemas.

Capa	***Nombre Capa***	***TCP/IP***	***Herramientas***
7	Aplicación	Aplicación	nslookup
6	Presentación		
5	Sesión	Transporte (TCP)	Ntop (Win32/Linux) Visualroute, traceroute
4	Transporte		
3	Red	Red (IP)	Nmap Ntop (Win32/Linux) Ethereal

Capa	*Nombre Capa*	*TCP/IP*	*Herramientas*
			Etherape
2	Enlace de datos	Control de Acceso al Medio	Ethereal (Win32/Linux) Netstumbler (Win32) Kismet, Wavemon, Wellenreiter Herramientas de administración específicas del fabricante
1	Física		

Tabla 2: Herramientas para la resolución de problemas en cada una de las siete capas de la pila de protocolos TCP/IP

Para identificar problemas en el medio inalámbrico podemos usar dos tipos de herramientas: herramientas que trabajan con cualquier producto IEEE 802.11b, y aquellas que vienen con cada fabricante específico.

Algunos fabricantes (p.e. Proxim con Orinoco Outdoor Solutions) implementan *extensiones* al IEEE 802.11b que requieren herramientas de monitoreo y resolución de problemas muy específicas.

5. Herramientas para la resolución de problemas

1. Nslookup, dig
2. Ntop
3. Visualroute, traceroute
4. Nmap
5. Ethereal (Ver escenario 3)
6. Etherape (Ver escenario 2)
7. Netstumbler (Ver escenario 1)
8. Kismet
9. Herramientas de administración específicas del fabricante.

6. Escenario 1: ¿Interferencias de radio?, ¿Canales ocupados?

No existe una forma fácil de monitorear todos los parámetros involucrados en la "capa física" de nuestra red inalámbrica. Se dispone de herramientas que permiten diagnosticar el funcionamiento de las tarjetas de radio con mayor o menor versatilidad dependiendo del sistema operativo utilizado.

Usando un programa como "Netstumbler", una tarjeta inalámbrica actúa como un analizador de espectros rudimentario que puede escanear redes existentes, indicando su relación señal/ruido, tasa

de transmisión, canal y modo de operación. Netstumbler recoge toda la información y la proporciona en una interfaz fácil de usar.

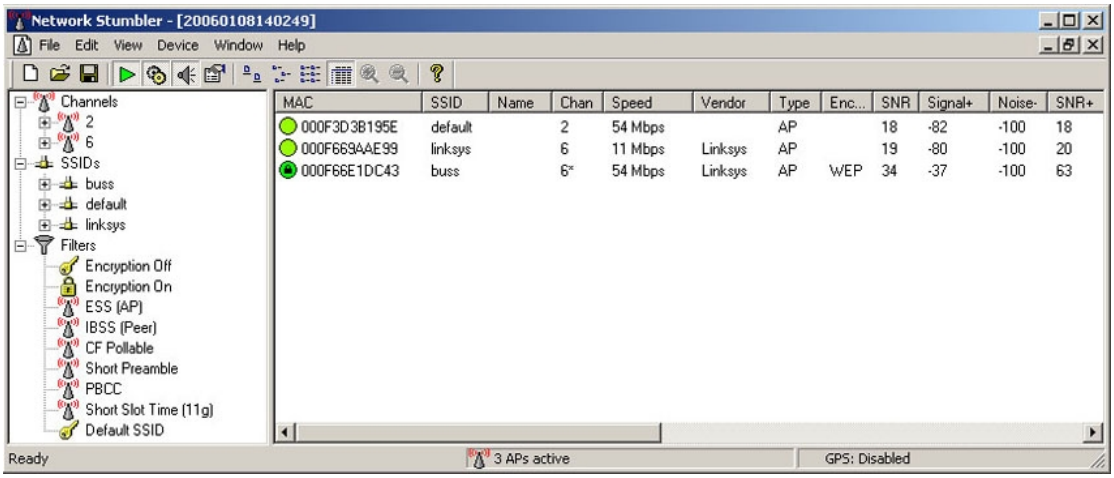


Figura 1: Interfaz de Netstumbler. **Fuente:** ttp://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/95/Netstumbler.jpg

En el ejemplo **(Figura 1)**, podemos ver que hay tres SSID presentes (default, linksys, buss) en "apenas" dos canales (2 y 6). Dos de los access point están operando en el estandar "g" de 54Mbps (default y buss) y el tercero en el estándar "b".

El cifrado WEP está habilitado en la red con SSID = buss. Todas las redes son escuchadas con buenas S/N (relación señal ruido) SNR>10dB

Netstumbler es un software "pasivo" que escucha el tráfico inalámbrico de una red. No todas las tarjetas inalámbricas van a permitirle "monitorear" la totalidad del tráfico inalámbrico. Antes de instalar Netstumbler, verifique que su tarjeta inalámbrica lo soporte.

7. Escenario 2: ¿Red congestionada? ¿Inundación?

Si quiere tener una "vista general" del tipo de comunicaciones IP que están activas en su red inalámbrica, puede usar un programa de Unix "EtherApe" en su gateway cableado. EtherApe le permite monitorear conexiones *entrantes y salientes* enrutadas hacia su red inalámbrica. Puede ayudarlo no solo a identificar el tipo de tráfico IP presente y la distribución de tráfico entre sus nodos, sino también a saber cuán "dinámica" es su red. Observando las gráficas de tráfico con el software, estará en capacidad de detectar virus provenientes de ciertos clientes, o la presencia de tráfico FTP o peer-to-peer pesado. Hay programas similares y analizadores de protocolo más sofisticados también para MS Windows (AirDefense, Scrutinizer, SolarWinds, etc.), pero pocos de ellos son libres (posiblemente ninguno).

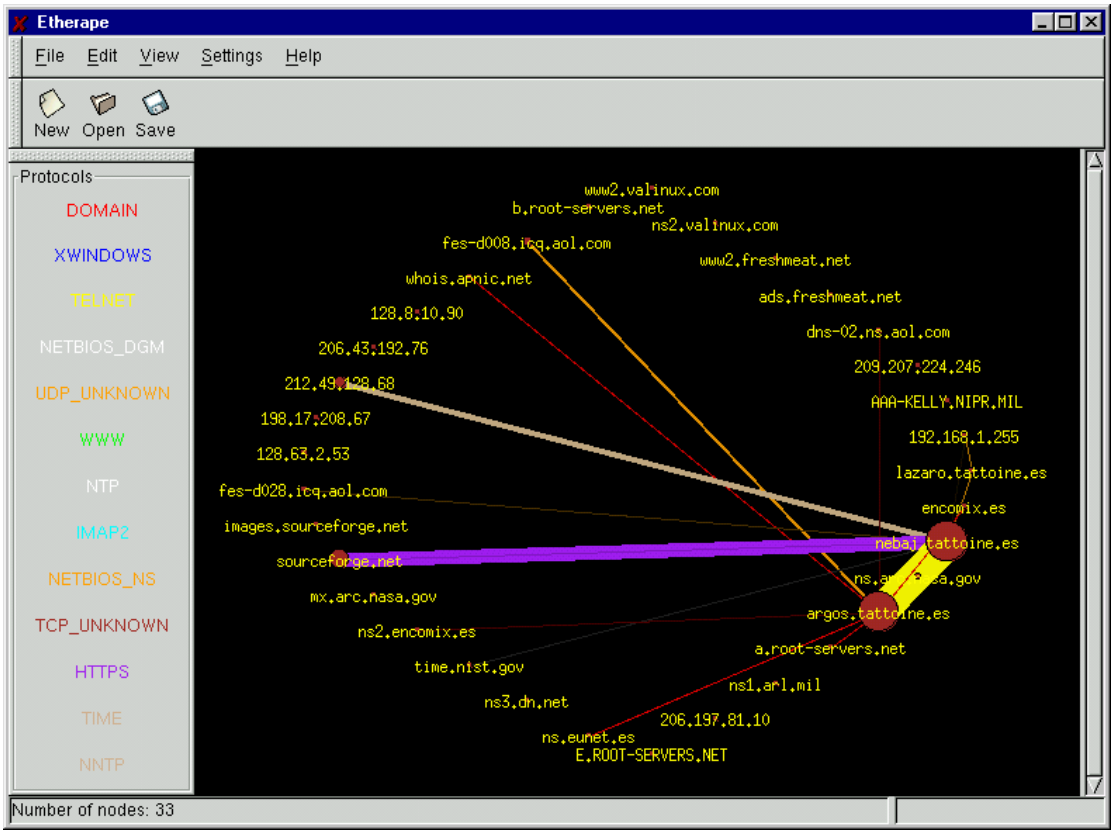


Figura 2: Interfaz gráfica de EtherApe, conexiones IP activas.

En el ejemplo **(Figura 2)** podemos ver que hay una gran cantidad de HTTPS (Tráfico web seguro) entre el nodo "nebaj" y "sourceforge" (línea violeta). También podemos ver que hay una conexión "Telnet" entre los nodos "nebaj" y "argos" (línea amarilla). El tráfico DNS está trabajando apropiadamente desde "argos" hasta "ns.eunet.es" y "ns2.enconomix.es" (líneas rojas)

El tráfico UDP desconocido (línea marrón) corresponde al tráfico del ICQ Messenger (conexión a fes-d008.icq.aol.com)

8. Escenario 3: ¿Por qué este servicio de red no está trabajando? ¿Conexión rechazada?

Si necesita tener una visión más cercana de lo que le está pasando a un tipo de tráfico específico, considere la instalación de Ethereal. Ethereal le permitirá capturar todo el tráfico que está pasando por su interfaz y examinar los flujos de tráfico y los bits y bytes de cada transacción.

Ethereal es muy útil para monitorear:

- **Pérdida de paquetes en conexiones TCP**: lo que normalmente es un indicador de una red congestionada, colisiones, etc.

- **Tiempo de retorno:** lo que es una indicación de la latencia (retardo) de su red. Altos tiempos de retorno dentro de su red inalámbrica son una indicación del alto nivel de utilización del canal o de colisiones de paquetes.
- **Errores de protocolo:** errores que normalmente no son visibles al usuario como autenticación inapropiada, direcciones IP duplicadas, red destino inaccesible, inundación ICMP, etc.

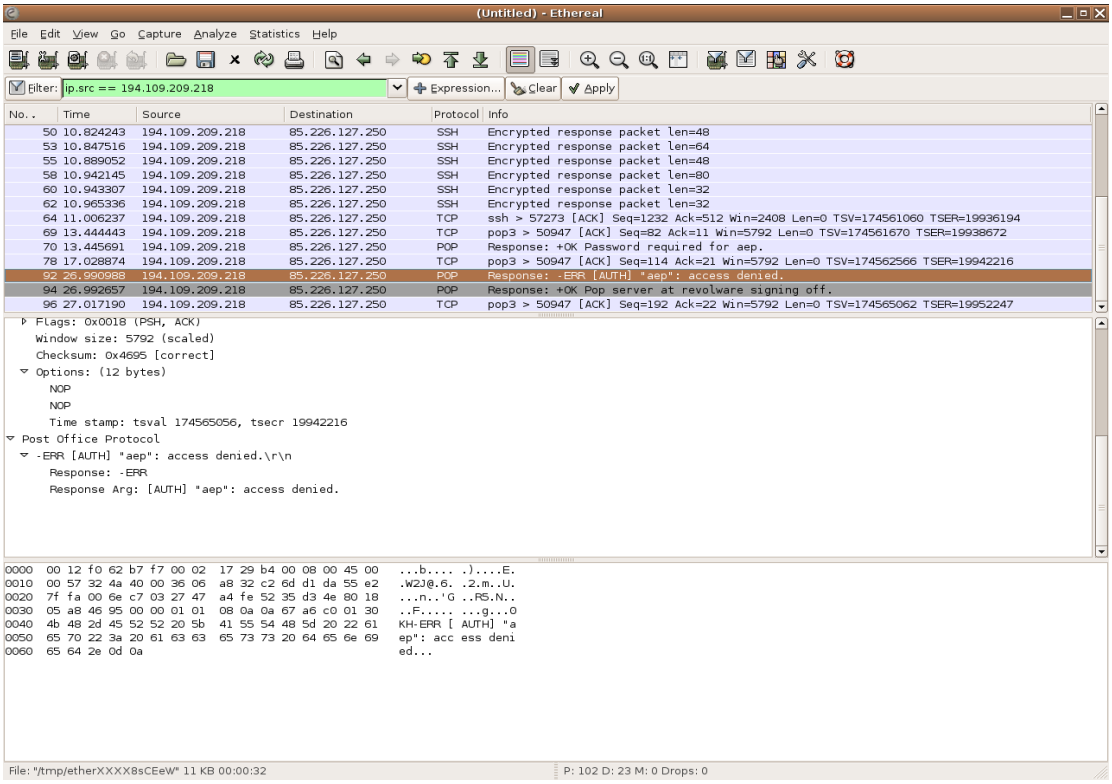


Figura 3: Resolución de problemas de correo POP3 con Ethereal

Sólo para mostrar cuán potente puede ser Ethereal en la resolución de problemas, en el ejemplo **(Figura 3)**, podemos ver el nivel de detalle que puede alcanzarse con Ethereal.

- Después de capturar tráfico de la red podemos aplicar un filtro (ip.src=194.109.209.218) para filtrar todos los paquetes provenientes del servidor de correo POP. (caja verde)

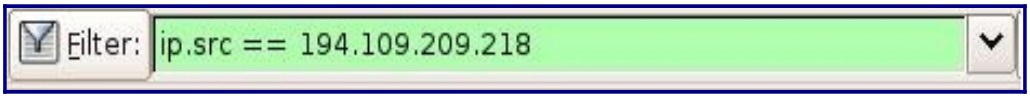


Figura 3 a: Caja verde

- Después de filtrar todos los paquetes podemos ver el intercambio de tráfico entre el servidor de correo (violeta). El tráfico marcado como TCP indica la renegociación de la conexión (conocida como 'handshake' o apretón de manos); el tráfico marcado como POP3 corresponde a la Aplicación “POP3”, recuperador de correo.

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
50	10.824243	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=48
53	10.847516	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=64
55	10.889052	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=48
58	10.942145	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=80
60	10.943307	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=32
62	10.965336	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=32

Figura 3 b: Caja violeta

- Podemos seleccionar paquetes individuales de la sesión POP3 y ver la presencia de -ERR (AUTH): “aep access denied”.

Con esta información podemos determinar que: la conexión desde nuestro cliente hasta el servidor de correo, el servidor POP3 está respondiendo, y que el problema está en la autenticación. Un problema de autenticación puede venir del lado del cliente o del lado del servidor: el cliente ha enviado una contraseña errada o el servidor no la valida correctamente.

9. Controlando la interferencia

9.1 Interferencia y ruido

Un desafio que eventualmente vamos a encarar cuando operamos equipamiento WIFI en exteriores es minimizar la potencia transmitida para reducir los efectos de la interferencia y el ruido.

Una señal fuerte no es suficiente para que un receptor inalámbrico de banda ancha trabaje eficientemente. El nivel de la señal recibida debe ser consistentemente más alto que el ruido recibido. La relación señal/ruido (S/N por sus siglas en inglés) debe ser tan alta como sea posible. Para tener un S/N alta, hay dos condiciones simultáneas a ser satisfechas:

- El receptor debe recibir una señal que está por encima de su sensibilidad.
- El nivel de ruido en la entrada del receptor debe ser más bajo que el nivel de la señal deseada. Ruido es definido como “todo lo que no sea la señal deseada”.

La falla de estas dos condiciones resultará en una S/N inaceptable.

10.2 Maximizando el nivel de la señal recibida

Tenemos control directo para maximizar la señal recibida. Algunos de los procedimientos estándard son:

- Presupuesto del enlace – suficiente potencia de transmisión, sensibilidad del receptor, margen de operación y ganancia de la antena para superar la pérdida en el espacio libre y la pérdida de los cables.
- Línea de vista (LOS, por su sigla en inglés) – La ruta de la línea de vista sin obstàculos de principio a fin.
- Zona de Fresnel – lo suficientemente despejada por encima y entre los obstáculos de la ruta.

- Instalación – asegúrese de que la antena esté bien montada, alineada correctamente, y que los conectores están aislados de la humedad, use buenos conectores (no use conectores coaxiales baratos).

10.3 Minimizando los niveles de interferencia y ruido

Normalmente no tenemos mucho control sobre las fuentes de interferencia y ruido. Algunas de las fuentes de ruido son:

- Ruido natural – ruido atmosférico y galáctico.
- Ruido hecho por el hombre – señales RF captadas por nuestra antena. Esto incluye hornos microondas, teléfonos inalámbricos y redes de área local inalámbricas.
- Ruido del receptor – ruido generado al interior de la circuitería del receptor.
- Interferencia de otras redes – interferencia causada por redes inalámbricas cercanas en la misma banda.
- Interferencia desde nuestras propias redes – esto ocurre cuando usamos la misma frecuencia más de una vez, usando canales que no tienen suficiente espacio entre ellos, o seleccionando secuencias de salto de frecuencia incorrectas.
- Interferencia de señales fuera de banda. Proviene de señales muy fuertes, que operan en otras bandas de frecuencia, pero que por su intensidad introducen ruido en bandas adyacentes. Entre estas tenemos transmisores de AM, FM, radios de dos vías, etc.

10.4 Estrategias para controlar la interferencia

Algunas de las típicas estrategias para controlar la interferencia son las siguientes:

1. Uso de antenas sectoriales o direccionales, usualmente antenas de alta ganancia. Esta es la más fácil y efectiva forma de reducir la interferencia en áreas de espectro saturado.
2. Rutas cortas.
3. Selección de frecuencias que no muchas estaciones están usando.
4. Cambiando la polarización de la antena.
5. Ajustando el acimut de la antena.
6. Localización de la antena/equipamiento.

10. Conclusiones

Los cinco principales aspectos que debe recordar de esta unidad pueden sintetizarse en:

1. Cuanto más sepa cómo funcionan las cosas, más fácil será solucionarlas cuando no funcionen.
2. Entender un problema no es lo mismo que resolver un problema.

3. Intente aplicar una metodología lógica cuando las cosas fallen, en lugar de hacer las cosas en orden aleatorio.
4. En cualquier enfoque que tomemos para la resolución de problemas, es importante estar familiarizado con las herramientas apropiadas para analizar cada una de las capas funcionales de la red.
5. Cuando identificamos problemas en el medio inalámbrico, podemos usar dos tipos de herramientas: las que trabajan con cualquier producto compatible al estándar IEEE 802.11 y aquellas que vienen con cada fabricante específico.

11. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución- No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 abril

2007. Cambios en la versión 1.1:Sección 3 adicionada (Antes del modelo OSI). Discusión sobre la importancia de fuentes de corriente estable y la actualización de firmware para los equipamientos.

Unidad 11



Resolución de Problemas en Redes Inalámbricas

Desarrollado por:
Alberto Escudero-Pascual
Louise Berthilson
IT +46

Objetivos



- La resolución de problemas es el ”arte” de saber qué hacer después
- La resolución de problemas es el ”arte” de encontrar a quién/de qué quejarse

Tabla de Contenidos



- Metodología
  - ¿Por dónde empezamos?
- Clasificación del problema
  - ¿Qué es lo que anda mal?
- Herramientas de resolución de problemas generales
  - ¿Qué nos puede ayudar?

Un pequeño recordatorio...



Layer	ISO	TCP/IP
7	Aplicación	Aplicación
6	Presentación	
5	Sesión	Transporte
4	Transporte	
3	Red	Red
2	Enlace de datos	Acceso al medio
1	Física	

Consideraciones previas



- Arranque del dispositivo
- Actualización del firmware

Proceso de arranque



- Fuente de corriente estable
  - UPS o estabilizador si el sistema es inestable
  - Cuidado con el cable de potencia!
- Fluctuaciones de corriente
  - Falla en el hardware (memoria flash, circuito Ethernet)
- Fuente de potencia correcta!
  - Marcar con la marca y modelo

Firmware



- Pieza de software embebida en el hardware
- Instalado por el fabricante
- Actualizado frecuentemente
- Los clientes son responsables de actualizar el firmware

Actualización de firmware



- Mejora el performance y fiabilidad
  - adicionando parches y corrigiendo bugs
- Adiciona o mejora la funcionalidad básica disponible
  - introduciendo nuevas rutinas

Actualización del firmware



- Siempre verifique la versión del firmware y actualícelo si es necesario
- Los equipamientos pueden haber estado almacenados largo tiempo
- Firmware antiguo puede resultar en cuaquier forma de problema inesperado
- Imposible de resolver usemos la herramienta que usemos

Metodología



- **Arriba-Abajo**
  - Empezar con: configuraciones de la aplicación
  - Terminar con: interferencia inalámbrica, SNR
- **Mitad-arriba** o **Mitad-abajo**
  - Empezar con: Conectividad Internet <ping>
  - Continuar arriba/abajo dependiendo del resultado
- **Abajo-Arriba**
  - Empezar con: interferencia inalámbrica,SNR..
  - Terminar con: capa de aplicación



No puedo leer mi Hotmail!

(equiv: la impresora no está funcionando)

Arriba-Abajo



- ¿Qué aplicación de correo está usando?
  - Configuraciones de la aplicación, proxys
- ¿Logra entrar a otros sitios de Internet?
  - ¿Problemas de DNS?
- ¿Tiene su aplicación un tiempo de desconexión(time out)?
  - ¿Problemas de sesión de TCP?

Arriba-Abajo



- ¿Se ha autenticado con el servidor de control de acceso?
- ¿Logra llegar hasta su proveedor de servicio?
- ¿Problemas de enrutamiento?
- ¿Tiene una dirección IP?

Mitad-arriba/Mitad-abajo



- ¿Puede hacer ping a hotmail.com?
- ¿Puede hacer ping al enrutador de frontera de su ISP inalámbrico?
- Por ejemplo, si ambas respuestas son ”no”:
- ¿Tiene una dirección IP?
- ¿Se ha autenticado con el servidor de control de acceso?

Clasificación del problema



- Justificaciones típicas de los problemas ”Los expedientes X”
  - Interferencia por varias razones
  - La red no es muy ”rápida”
  - Los paquetes se pierden
  - Mucha gente
  - Condiciones climáticas

Herramientas de resolución de problemas – capa de enlace



- Herramientas que trabajan con cualquier producto IEE802.11b (trabajan en modo promiscuo)
- Herramientas que vienen con cada fabricante específico

(Accesando a los equipos por SNMP!)

Herramientas de resolución de problemas



TCP/IP	***Herramientas***
Aplicación	nslookup
Transporte (TCP)	Ntop (Win32/Linux) Visualroute, traceroute
Red (IP)	Nmap, Ntop (Win32/Linux) Ethereal, Etherape
Control de Acceso al Medio	Ethereal (Win32/Linux) Netstumbler (Win32), Kismet, Wavemon, Wellenreiter **Herramientas específicas del fabricante**

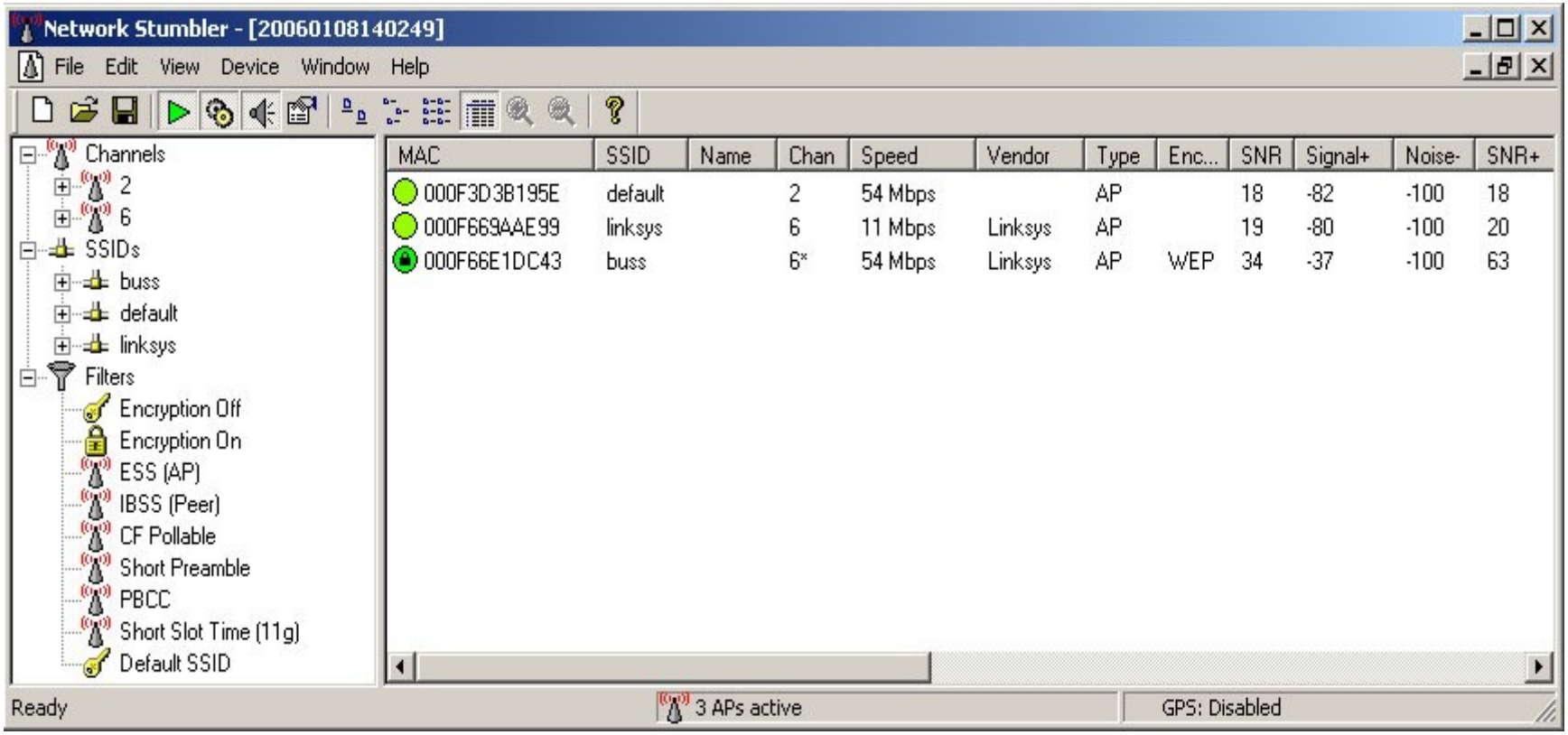
Tres escenarios para la resolución de problemas



- Problemas a nivel de enlace (Netstumbler)
  - Problemas en el canal de inalámbrico?
- Problemas a nivel de IP (Etherape)
  - ¿Red congestionada? Lenta
- Problemas con aplicación (Ethereal)
  - No puedo chequear mi correo

Netstumbler





Netstumbler



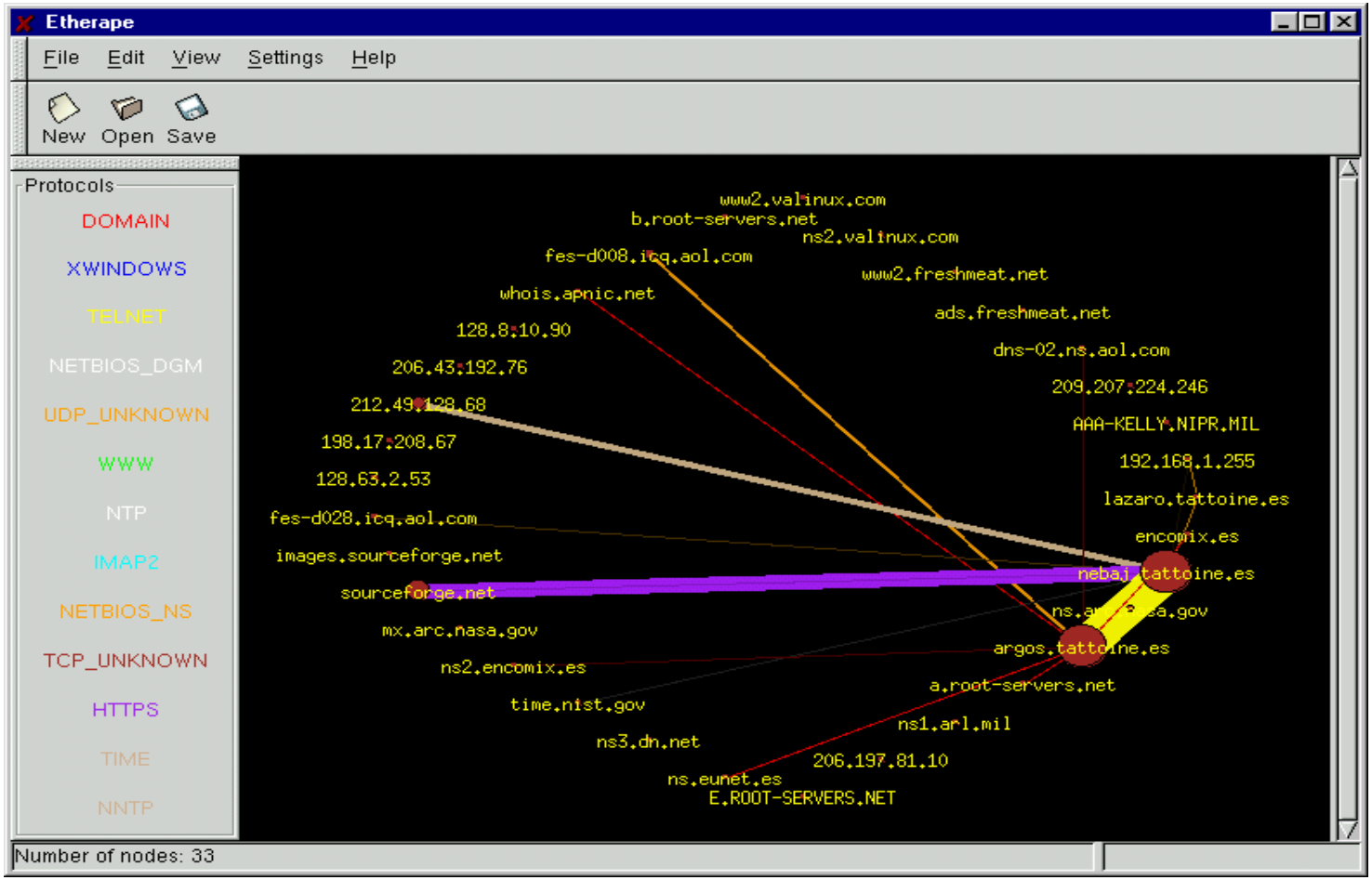
- Recupera información de la capa física y de enlace en modo ”pasivo”
- ¿Qué canales, SSID, WEP se encuentran?
- Monitorea el ratio SNR de cada enlace en nuestra posición

WiSpy





EtherApe


Etherape
File Edit View Settings Help
New Open Save
Protocols
DOMAIN
XWINDOWS
TELNET
NETBIOS_DGM
UDP_UNKNOWN
WWW
NTP
IMAP2
NETBIOS_NS
TCP_UNKNOWN
HTTPS
TIME
NNTP
www2.valinux.com
b.root-servers.net
ns2.valinux.com
fes-d008.icq.aol.com
www2.freshmeat.net
whois.apnic.net
ads.freshmeat.net
128.8.10.90
dns-02.ns.aol.com
206.43.192.76
209.207.224.246
212.49.128.68
AAA-KELLY.NIPR.MIL
198.17.208.67
192.168.1.255
128.63.2.53
lazaro.tattoine.es
fes-d028.icq.aol.com
encomix.es
images.sourceforge.net
sourceforge.net
mx.arc.nasa.gov
argos.tattoine.es
ns2.encomix.es
a.root-servers.net
time.nist.gov
ns1.arl.mil
ns3.dn.net
206.197.81.10
ns.eunet.es
E.ROOT-SERVERS.NET
Number of nodes: 33

EtherApe



- Identifica los flujos de tráfico y sus distribución
- Estudia las ”dinámicas” de la red
- Detecta programas maliciosos: virus, escaneadores de puertos, inundación...
- Verifica en alto nivel la conectividad IP: DNS, HTTP y servicios de correo

Ethereal



(Untitled) - Ethereal

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: ip.src == 194.109.209.218 Expression... Clear Apply

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
50	10.824243	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=48
53	10.847516	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=64
55	10.889052	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=48
58	10.942145	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=80
60	10.943307	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=32
62	10.965336	194.109.209.218	85.226.127.250	SSH	Encrypted response packet len=32
64	11.006237	194.109.209.218	85.226.127.250	TCP	ssh > 57273 [ACK] Seq=1232 Ack=512 Win=2408 Len=0 TSV=174561060 TSER=19936194
69	13.444443	194.109.209.218	85.226.127.250	TCP	pop3 > 50947 [ACK] Seq=82 Ack=11 Win=5792 Len=0 TSV=174561670 TSER=19938672
70	13.445691	194.109.209.218	85.226.127.250	POP	Response: +OK Password required for aep.
78	17.028874	194.109.209.218	85.226.127.250	TCP	pop3 > 50947 [ACK] Seq=114 Ack=21 Win=5792 Len=0 TSV=174562566 TSER=19942216
92	26.990988	194.109.209.218	85.226.127.250	POP	Response: -ERR [AUTH] "aep": access denied.
94	26.992657	194.109.209.218	85.226.127.250	POP	Response: +OK Pop server at revolware signing off.
96	27.017190	194.109.209.218	85.226.127.250	TCP	pop3 > 50947 [ACK] Seq=192 Ack=22 Win=5792 Len=0 TSV=174565062 TSER=19952247

```
▷ Flags: 0x0018 (PSH, ACK)
  Window size: 5792 (scaled)
  Checksum: 0x4695 [correct]
▽ Options: (12 bytes)
    NOP
    NOP
    Time stamp: tsval 174565056, tsecr 19942216
▽ Post Office Protocol
▽ -ERR [AUTH] "aep": access denied.\r\n
    Response: -ERR
    Response Arg: [AUTH] "aep": access denied.
```

```
0000  00 12 f0 62 b7 f7 00 02  17 29 b4 00 08 00 45 00   ...b.... .)....E.
0010  00 57 32 4a 40 00 36 06  a8 32 c2 6d d1 da 55 e2   .W2J@.6. .2.m..U.
0020  7f fa 00 6e c7 03 27 47  a4 fe 52 35 d3 4e 80 18   ...n..'G ..R5.N..
0030  05 a8 46 95 00 00 01 01  08 0a 0a 67 a6 c0 01 30   ..F..... ...g...0
0040  4b 48 2d 45 52 52 20 5b  41 55 54 48 5d 20 22 61   KH-ERR [ AUTH] "a
0050  65 70 22 3a 20 61 63 63  65 73 73 20 64 65 6e 69   ep": acc ess deni
0060  65 64 2e 0d 0a                                    ed...
```

File: "/tmp/etherXXXX8sCEeW" 11 KB 00:00:32 P: 102 D: 23 M: 0 Drops: 0

Ethereal



- Información detallada sobre cierto flujo de tráfico
- Puede filtrar y examinar basandose en transacciones
- Puede determinar si es:
  - Problema de conectividad (host inaccesible)
  - Problema de servicio (servicio no disponible)
  - Problema de servidor/usuario (autenticación, aplicación, configuración)

Problemas con ”redes inalámbricas”



Los problemas con ”redes inalámbricas” están relacionados con....

- Física: nodos ocultos, multitrayecto, ruido
- IP: diseño de la red, dhcpd multiple, velocidades de transmisión asimétricas
- Aplicación: virus, peer-to-peer

Conclusiones



- Cuanto más sepa como funcionan las cosas...más fácil será solucionarlas cuando no funcionen!
- Entender un problema no es lo mismo que resolver un problema.

Tips finales!



- Toma menos tiempo reconstruir un sistema sin documentación que tratar de resolverlo
- Si necesita ayuda, esté preparado para aportar información y documentación

Unidad 12



Seguridad en redes inalámbricas

Desarrollado por: Alberto Escudero Pascual, IT +46

Traducido por Laneta

Objetivos



- Ubicar, la seguridad en redes inalámbricas, en el contexto de la seguridad de información
- Entender la manera en que la seguridad se manifesta en las diferentes capas de protocolos OSI/Internet
- Identificar los elementos claves de seguridad que deben ser considerados al planear un diseño

Tabla de contenidos



Parte I:

- Seguridad en redes inalámbricas y de sistemas de información
- Modelo OSI y cifrado en la capa de enlace

Parte II:

- Los cinco atributos de seguridad

Parte III:

- 10 amenazas de seguridad

Definiendo seguridad inalámbrica



- Seguridad es un concepto amplio
- ¿De qué ”seguridad” hablamos?
- Debemos comenzar por definir un contexto
- Presentaremos ”seguridad inalámbrica” en el contexto de la Seguridad de Información

Modelo de análisis/Metodología



- Para poder hablar de seguridad en redes inalámbricas vamos a usar un “marco de referencia”
- Un marco de referencia que distingue distintos atributos genéricos
- Aplicaremos este marco de referencia al caso concreto de las redes inalámbricas

¿Qué es seguridad de información? (COMSEC)



- Al final de los 70's, referida como ”Seguridad de Comunicación”
- COMSEC fue definido por la “U.S. National Security Telecommunications and Information Systems Security Instruction” (NSTISSI) como:

“medidas y controles usados para negar a personas no autorizadas, acceso a la informacion derivada de las telecomunicaciones y asegurar la autenticidad de esas comunicaciones.”

¿Qué es seguridad informática? (según COMSEC)



- Según COMSEC, la seguridad incluyó dos atributos de seguridad:
  - **Confidencialidad**
  - **Autenticación**

Confidencialidad



"Asegurar que la información no sea revelada a personas, procesos o dispositivos no autorizados."

Protección contra la divulgación no autorizada

Autenticación



"Medida de seguridad diseñada para establecer la validez de una transmisión, mensaje o remitente, o un medio para verificar la autorización de un individuo para recibir información de una categoría específica"

Verificación de emisor

¿Qué es seguridad informática? (COMPUSEC)



- En los 80's, con el crecimiento de las computadoras personales se inició una nueva era
- COMPUSEC fue definido por NSTISSI como:

"Medidas y controles que aseguran la confidencialidad, integridad y disponibilidad de sistemas de información incluyendo hardware, software, firmware e información que está siendo procesada, almacenada y comunicada"

¿Qué es seguridad informática? (COMPUSEC)



- COMPUSEC introdujo otros dos atributos relacionados con esta unidad:
  - **Integridad**
  - **Disponibilidad**

Integridad



”La calidad de un sistema de información refleja el correcto funcionamiento y confiabilidad del sistema operativo, la coherencia del hardware y software que implementan los sistemas de protección y la consistencia de las estructuras de datos de la información almacenada”

Los datos no pueden ser modificados de manera inadvertida

Disponibilidad



"Acceso oportuno y confiable a datos y servicios de información para usuarios autorizados"

El acceso es "confiable"

¿Qué es seguridad informática? (INFOSEC)



- En los 90's COMSEC y COMPUSEC se fusionaron para constituir Seguridad de Sistemas de información (INFOSEC)

- INFOSEC incluyó los cuatro atributos: *Confidencialidad, Autenticación, Integridad y Disponibilidad* de COMSEC y COMPUSEC

¿Qué es seguridad informática? (INFOSEC)



- INFOSEC incluyó tambien un nuevo atributo:
  - **No-Repudiación**

No-Repudiación
(Rendición de cuentas)



"Asegurar que el remitente de información es provisto de una prueba de envío y que el receptor es provisto de una prueba de la identidad del remitente, de manera que ninguna de las partes puede negar el proceso de dicha información"

INFOSEC en las WLAN



La NSTISSI define el concepto de Seguridad de Sistemas de información como:

"*La protección de los sistemas de información contra el acceso no autorizado o la modificación de la información, ya sea en el medio de almacenaje, procesamiento o tránsito, y contra la negación de servicio a los usuarios autorizados, o la provisión de servicio a usuarios no autorizados, incluyendo las medidas necesarias para detectar, documentar y contabilizar esas amenazas*"

La Metodología



Qué: La seguridad inalámbrica será presentada desde el punto de vista de INFOSEC

La Metodología



Por qué: Para dar un enfoque metodológico para diseñar la seguridad de una red inalámbrica

La Metodología



Cómo: Se presentan los cinco atributos de seguridad de INFOSEC y vemos de que manera se implementan

Dos detalles



- Antes de irnos a los cinco atributos de seguridad, dos recordatorios desde la unidad de la unidad de Redes Avanzadas (material en inglés en http://www.it46.se/courses)
  - Modelo OSI y normas inalámbricas
  - Cifrado a nivel de enlace

El modelo OSI y seguridad inalámbrica(Recordatorio)



- Las normas inalámbricas hacen referencia a las capas 1 y 2 del modelo OSI

- La seguridad inalámbrica tiende a ser identificada como una buena configuración de “cifrado en la capa de enlace”

El modelo OSI y seguridad inalámbrica(Recordatorio)



- Los mecanismos de seguridad en la capa 3 (red) no corresponden a “seguridad inalámbrica” y deben ser consideradas parte de una ”Unidad de seguridad a nivel de red o aplicación”

Cifrado en el nivel de enlace



Definición: es el proceso de asegurar los datos en el nivel de enlace, cuando los datos son transmitidos entre dos nodos instalados sobre el mismo enlace físico

Requerimientos: una clave secreta compartida entre las partes en contacto, y un algoritmo de cifrado previamente acordado

Cifrado en el nivel de enlace



- Cuando el transmisor y receptor no comparten un medio de transporte de datos en común, los datos deben ser descifrados y recifrados en cada uno de los nodos en el camino al receptor
- El cifrado en el nivel de enlace se usa en caso de que no se aplique un protocolo de cifrado de mayor nivel

Cifrado a nivel de enlace en la norma IEEE 802.11



- El algoritmo de cifrado mejor conocido para la norma IEEE 802.11 es el llamado en ingles Wired Equivalent Privacy (WEP)

- Está probado que WEP es inseguro

Cifrado a nivel de enlace en la norma IEEE 802.11



- Otras alternativas, como el protocolo Wi-Fi Protected Access (WPA), es considerado como standard (WPA2)

- La nueva norma IEEE 802.11i va a incluir una extensión de WPA, llamada WPA2

Cifrado a nivel de enlace en la norma IEEE 802.11



- El cifrado a nivel de enlace no provee **seguridad de extremo a extremo**, fuera del enlace físico
- Solo debe ser considerada una medida adicional en el diseño de la red

Cifrado a nivel de enlace en la norma IEEE 802.11



- Problemas del cifrado a nivel de enlace:
  - El cifrado a nivel de enlace requiere más recursos de hardware en los puntos de acceso
  - Administración y distribución de llaves

Cinco atributos de seguridad en WLAN



- Confidencialidad
- Autenticación
- Integridad
- Disponibilidad
- Non-repudio (Rendición de cuentas)



1

Confidencialidad inalámbrica



- Definimos la confidencialidad en redes inalámbricas como, el acto de asegurar que la información transmitida entre los puntos de acceso y los clientes no sea revelada a personas no autorizadas

Confidencialidad inalámbrica



Debe asegurar que:

- la comunicación entre un grupo de puntos de acceso en un WDS esté protegida
- entre un punto de acceso (AP) y una estación o cliente, se conserve protegida contra intercepciones

WEP



- Fue parte de la norma IEEE 802.11 original, de 1999
- Brindaba, a las redes inalámbricas, un nivel de seguridad comparable al de las redes alambradas tradicionales
- Fue quebrado poco tiempo después de su aparición

WEP



- Fue demostrada su debilidad independientemente de la longitud de la llave
- WEP carece de un sistema de manejo de llaves como parte del protocolo

Primeras mejoras a WEP



- Nuevas alternativas, como WEP+ de Lucent, y WEP2 de Cisco
- Sus mejoras (WEP+, WEP2) ya son obsoletas
- Basado en el cifrado tipo RC4

WEP



- Existen varios programas que lo quiebran (Airsnort, wepcrack, kismac, aircrack etc).
- ¿Interesados en la historia de la seguridad de WEP?
- Ver ”recursos adicionales”

Nacen WPA y WPA2



WPA

- Fue propuesto en el 2003 mientras se debatió la norma IEEE 802.11i
- Fue dirigido a facilitar la actualización de los equipos antiguos. En 2004, se mejora para incluir AES y quedar certificado como parte de la norma IEEE 802.11i bajo el nombre de WPA2 (2004)

Nacen WPA y WPA2



WPA2

- Está diseñado para trabajar con o sin un servidor de manejo de llaves
- Si no se usa un servidor de llaves, todas las estaciones de la red comparten una “llave previamente compartida” (PSK)
- El modo PSK se conoce como WPA o WPA2-Personal

Nacen WPA y WPA2



WPA2

- Cuando se emplea un servidor de llaves, se le conoce como WPA2-Corporativo
- Una mejora notable en el WPA: la posibilidad de intercambiar llaves de manera dinámica

2

Autenticación en Redes inalámbricas



- Es la medida diseñada para establecer la validez de una transmisión entre puntos de acceso y/o estaciones inalámbricas

El derecho a enviar, al y mediante el punto de acceso

Mecanismos de asociación



- Autenticación abierta
  - NO hay seguridad y cualquiera puede hablarle al punto de acceso

Mecanismos de asociación



- Autenticación con llave compartida:
  - Se comparte una llave entre el cliente y el punto de acceso
  - Un mecanismo de reto/respuesta le permite al punto de acceso verificar que el cliente conoce la llave compartida, y entonces le permite el acceso

WEP
y la Autenticación en la capa 2



- La Autenticación con llave compartida de WEP es obsoleta

- Ataques tipo texto plano versus texto cifrado pueden ser logrados fácilmente

WEP
y la Autenticación en la capa 2



- Las llaves de Cifrado y Autenticación son el mismo secreto compartido

- Una vez que una resulta comprometida, la otra también

WEP
y la Autenticación en la capa 2



Recomendaciones:

- El uso del modo WPA2-corporativo
- La Autenticación en las redes inalámbricas, como las de los proveedores de servicios de internet inalámbricos, normalmente se implementa en capas de red mas altas (capa IP) mediante portales cautivos

WEP
y la Autenticación en la capa 2



Recomendaciones:

- Al transferir la Autenticación a un “portal cautivo” no tenemos un recurso para detener el flujo de tráfico que cruza nuestros puntos de acceso

Detener la difusión de la SSID



- Una variación de la ”Autenticaron abierta” es llamada ”Red cerrada”
- Las ”redes cerradas” no difunden el SSID mediante las ”tramas baliza” o ”beacon frames” (IEEE 802.11, capa de enlace)

Detener la difusión de la SSID



- Interrumpiendo la publicación de la SSID implica que los clientes de la red inalámbrica necesitan saber de manera previa el SSID de un punto de acceso
- ¿Es una media de seguridad?
- No impide que otro software de intercepción detecte la asociación que provenga de otro punto de la red

Detener la difusión de la SSID



- Encontrar la SSID de una red es tan sencillo como esperar que alguien se asocie a la red y entonces extraer la SSID de una trama de asociación
- Debe considerarse como una “precaución adicional”, más no una medida de seguridad efectiva

Filtrado de direcciones MAC como medida de seguridad



Muchos proveedores usan el filtrado de direcciones MAC :

- En el común de las redes inalámbricas pueden ser fácilmente modificadas
- Un esquema de autenticación basado SOLO en direcciones MAC es inseguro

Portales cautivos



- Llevando la autenticación fuera de la red inalámbrica: Portal Cautivo
- Existen varias implementaciones de Portales Cautivos
- La mayoría están basados en el mismo concepto: redirección HTTP y cortafuegos dinámicos

Portales cautivos



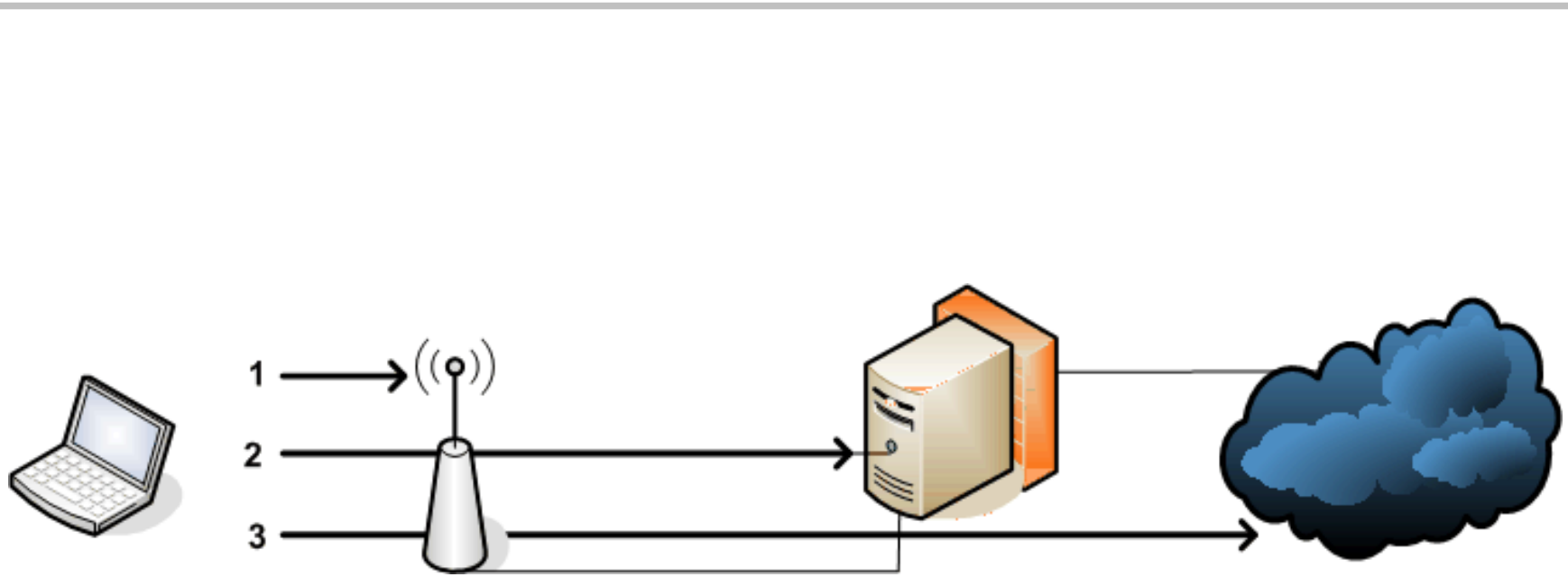
- Al cliente se le permite asociarse con un punto de acceso, y obtener una dirección IP por DHCP
- Una vez que obtiene la IP, todas las solicitudes HTTP son capturadas y el cliente debe autenticarse vía una página web

Portales cautivos



- El portal cautivo verifica la validez del nombre de usuario y contraseña, y entonces cambia el estado de un cortafuegos
- Las reglas del cortafuegos están basadas en los valores de la direcciones MAC e IP del cliente

Portal cautivo: autenticación en tres pasos



3

Integridad de datos en redes inalámbricas



- La capacidad de un protocolo inalámbrico para determinar si la información transmitida ha sido alterada por personas no autorizadas
- WEP buscó proveer integridad de tráfico de datos

Integridad de datos en redes inalámbricas



- El mecanismo de integridad, o CRC, es inseguro
- Permite la alteración del código CRC del tráfico, sin la necesidad de saber la llave WEP

Integridad de datos en redes inalámbricas



Resultado: El tráfico puede ser alterado sin que se note

WPA y WPA2: resolvieron el problema de la integridad de datos en WEP mediante la inclusión de un mensaje de código de autenticación más seguro y la inclusión de un contador de segmentos (frames), que previene los “ataques por repetición”

Integridad de datos en redes inalámbricas



WEP vs WPA2

- La integridad de datos mediante WEP es obsoleta
- Se debe implementar WPA o WPA2 para lograr integridad de datos inalámbrica mediante cifrado en la capa de enlace

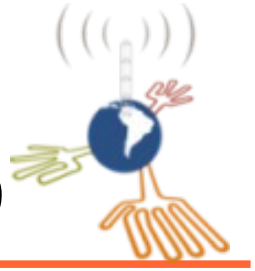
4

Disponibilidad en redes inalámbricas



"la capacidad de la tecnología que asegura un acceso confiable a servicios de datos e información para usuarios autorizados"

Interferencia en canales de radio



- Las redes inalámbricas operan en canales de radio predefinidos abiertos, sin restricciones de uso
- Prevenir la interferencia no autorizada es casi imposible
- Para evitar esta clase de ataques, intencionales o no, debe considerar el rastreo regular de frecuencias de radio

Negación de Servicio (DoS)



- Las redes inalámbricas son vulnerables a los ataques de Negación de Servicio mediante interferencia de radio, usando:
  - Un canal de radio idéntico o adyacente
  - Una SSID idéntica

Negación de Servicio (DoS)



- La DoS puede ser intencional o no
- Considerar el rastreo periódico de frecuencias de radio
- No sobrecargar la potencia de sus enlaces

Otras amenazas a la disponibilidad



- Presencia de nodos ocultos (exceso de retransmisiones)
- Virus (exceso de rastreo)
- Software para intercambio de archivos (exceso de tráfico)
- Spam (exceso de email)

5

Rendición de cuentas



- Los protocolos inalámbricos no tienen un mecanismo para asegurar que el emisor de datos tenga una prueba de envío de la información y que el receptor obtenga una prueba de la identidad del emisor
- La rendición de cuentas debe ser implementada en protocolos superiores

10 amenazas de seguridad



1	Confidencialidad	Interferencia	- WPA2 - “cifrado” en protocolos superiores
2	Confidencialidad	Arrebato de tráfico, ataque de persona en el medio	- Usar (1) - Monitorear SNR, SSID y dirección MAC del punto de acceso
3	Autenticación	Acceso no autorizado a la red	- WPA2 - No basarse solo en filtrado por MAC - No difundir la SSID

10 amenazas de seguridad



4	Autenticación	Acceso no autorizado a la red y a Internet	- IEEE 802.1X - Portal captivo
5	Integridad	Modificación de tráfico	- “Cifrado” con protocolos superiores - WPA2
6	Disponibilidad	Interferencia inalámbrica, Negación de servicio inalámbrico	- Monitorear el espectro de radio - No sobrecargar la potencia de los enlaces
7	Disponibilidad	Ancho de banda no disponible por exceso de retransmisiones	- Buscar nodos ocultos y fuentes de interferencia - Verificar retransmisiones en el enlace

10 amenazas de seguridad



8	Disponibilidad	Ancho de banda no disponible debido a software maligno	- Monitorear trafico IP, (ICMP y UDP) - Implementar la detección de intrusos
9	Autenticación Rendición de cuentas	Acceso no autorizado a su intranet	- Red inalámbrica fuera del cortafuegos - Implementar VPN - Permitir conexiones solo vía la VPN
10	(Acceso a la red) Rendición de cuentas	Uso no autorizado de sus recursos de red	- IEEE 802.1X - Portal cautivo basado en firmas digitales

Conclusiones



1. Los atributos de seguridad, como son descritos en INFOSEC, pueden ser implementados en diferentes capas del modelo OSI

Conclusiones



2. Si se necesita seguridad a nivel de capa de enlace evite el uso de WEP, y use IEEE 802.11i (WPA2)

3. Tener una idea clara de los requisitos de seguridad, ya que la solución depende de cada escenario



Unidad 12: Seguridad en Redes Inalámbricas

Autor: *Alberto Escudero Pascual, LaNeta, IT +46*

Traducción de LaNeta

Tabla de contenido

1. Sobre este documento.... 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual.... 2
1.2 Pre-requisitos.... 2
1.3 Grado de dificultad.... 2
1.4 Información sobre los iconos.... 2
2. Introducción.... 2
3. Definiendo seguridad inalámbrica.... 3
4. ¿Qué es seguridad de la información?.... 3
4.1 Confidencialidad.... 4
4.2 Autenticación.... 4
4.3 Integridad.... 4
4.4 Disponibilidad.... 4
4.5 No repudiación (rendición de cuentas).... 5
5. Seguridad de información y las WLAN.... 5
6. Implementando los atributos de seguridad.... 6
6.1 Comentarios generales acerca del cifrado en el nivel de enlace.... 6
7. Confidencialidad en redes inalámbricas.... 7
7.1 WEP o no WEP.... 7
7.2 WEP muere, nacen WPA y WPA2.... 8
8. Autenticación en Redes inalámbricas.... 9
8.1 Detener la difusión de la SSID como medida de seguridad.... 10
8.2 Usando el filtrado de direcciones MAC como medida de seguridad.... 11
8.3 Portales cautivos para redes inalámbricas.... 11
9. Integridad de datos en redes inalámbricas.... 12
9.1 Nota sobre seguridad acerca de WPA.... 13
10. Disponibilidad en redes inalámbricas.... 14
11. No repudiación en redes inalámbricas (rendición de cuentas).... 15
12. Amenazas de seguridad en redes inalámbricas 15
13. Conclusiones.... 16
14. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual.... 17

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia:http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Pre-requisitos

Se recomienda leer primero la unidad “Redes avanzadas”.

1.3 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es Avanzado.

1.4 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Esta guía inicia brindando una breve introducción al modelo de referencia OSI, y conceptos claves de seguridad, antes de introducir las ideas de seguridad inalámbrica en el contexto de IEEE 802.11 o WLAN.

Se aborda la seguridad en el contexto de la seguridad de información y se describen y evalúan cinco atributos de seguridad (confidencialidad, autenticación, integridad, no-repudio y disponibilidad). La unidad finaliza con la presentación de algunas amenazas de seguridad importantes que deben ser consideradas en cualquier diseño de red inalámbrica.

La unidad se enfoca en dar una imagen de la seguridad inalámbrica dentro de un contexto amplio de seguridad de la información. Busca lograr un entendimiento acerca de dónde construir la seguridad en cada capa de la pila de protocolos OSI/TCP/IP. Además, considera elementos claves de seguridad que deben ser abordados en la fase de diseño de una red inalámbrica.

3. Definiendo seguridad inalámbrica

La definición de seguridad es en gran medida especifica al contexto; la palabra seguridad abarca un rango amplio de campos dentro y fuera del ámbito de la computación. Hablamos de seguridad cuando describimos medidas de seguridad en la carretera o cuando describimos una nueva plataforma de cómputo que es segura contra virus. Se han desarrollado varias disciplinas para abordar cada aspecto de seguridad.

Con esto en mente, hemos intentado enmarcar el término “seguridad inalámbrica” en el contexto de seguridad de información. Cuando hablamos de “seguridad inalámbrica” de hecho estamos hablando de “seguridad de información en redes inalámbricas”.

4. ¿Qué es seguridad de la información?

Para entender el significado de Seguridad Informática es necesario entender la manera en que el término ha evolucionado en el tiempo.Hasta fines de los 70's, esta área de seguridad fue referida como Seguridad de comunicaciones. Seguridad de Comunicaciones o COMSEC, por un acrónimo en inglés, fue definido por la U.S. National Security Telecommunications and Information Systems Security Instruction (NSTISSI) como:



“Medidas y controles que se toman para negar el acceso no autorizado de personas a información derivada de las telecomunicaciones y augurar la autenticidad de tales telecomunicaciones”.U

Se incluyeron cuatro áreas como partes las actividades de seguridad de COMSEC: Criptoseguridad, Seguridad de Transmisiones, Seguridad de Emisiones y Seguridad física.
La seguridad en COMSEC incluyó dos atributos relacionadas con esta unidad: **Confidencialidad y Autenticación.**

4.1 Confidencialidad

Asegurar que la información no es divulgada a personas no autorizadas, procesos o dispositivos. (Protección contra divulgación no autorizada).

4.2 Autenticación

Medida de seguridad diseñada para establecer la validez de una transmisión, mensaje o remitente, o un medio para verificar la autorización de un individuo para recibir categorías específicas de información (Verificación de emisor).

En los 80's con el crecimiento de las computadoras personales se inició una nueva era: Computación personal, y la seguridad aplicada a este campo (COMPUSEC). COMPUSEC fue definido por NSTISSI como:



"Medidas y controles que aseguran la confidencialidad, integridad y disponibilidad de sistemas de información incluyendo hardware, software, firmware e información que está siendo procesada, almacenada y comunicada".

COMPUSEC introdujo dos atributos de seguridad adicionales, relacionados con esta unidad: **Integridad y Disponibilidad.**

4.3 Integridad



La calidad de un sistema de información refleja el correcto funcionamiento y confiabilidad de sistema operativo, la coherencia del hardware y software que implementan los sistemas de protección y la consistencia de las estructuras de datos de la información almacenada.

4.4 Disponibilidad



Acceso oportuno y confiable a datos y servicios de información para usuarios autorizados.

Finalmente en los 90's, las dos eras de la información, COMSEC y COMPUSEC, fueron integradas para formar Seguridad en Sistemas de Información (INFOSEC). INFOSEC incluyó los cuatro atributos: Confidencialidad, Autenticación, Integridad y Disponibilidad, pero también se agregó un nuevo atributo: No-repudio (non-repudiation)

4.5 No repudiación (rendición de cuentas)



Asegurar que el remitente de información es provisto de una prueba de envío y que el receptor es provisto de una prueba de la identidad del remitente, de manera que ninguna de las partes puede negar el proceso de dicha información.

5. Seguridad de información y las WLAN

La NSTISSI define el concepto de Seguridad de Sistemas de información como:



La protección de los sistemas de información contra el acceso no autorizado o la modificación de la información, ya sea en el medio de almacenaje, procesamiento o tránsito, y contra la negación de servicio a los usuarios autorizados, o la provisión de servicio a usuarios no autorizados, incluyendo las medidas necesarias para detectar, documentar y contabilizar esas amenazas.

La seguridad inalámbrica se presenta desde el punto de vista de la "seguridad de los sistemas de información" o INFOSEC.

Es muy común describir, en la literatura relacionada con la seguridad WLAN, aspectos prominentes de seguridad sin dar un marco de seguridad apropiado. Al describir aspectos "prominentes" el lector tiende a recordar acrónimos pero olvida el beneficio de cada "prominencia". Para evitar eso, no listaremos todos los atributos de seguridad que se presentan en WLAN, sino que presentaremos cada uno de los cinco atributos de seguridad de INFOSEC, y luego discutiremos la manera en que WLAN implementa cada uno de estos.

Este acercamiento ayudará al lector a tener un enfoque metodológico al diseñar redes inalámbricas seguras. Los cinco atributos de seguridad a discutir serán:Confidencialidad, Autenticación, Integridad, No-repudiación y Disponibilidad[1]

1. Para un abordaje más formal sobre seguridad, lea: The Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, typically abbreviated as just "Common Criteria" or "CC." The CC provides both Functional and Assurance requirements for security products and systems.

6. Implementando los atributos de seguridad

El modelo de referencia OSI (Interconexión abierta de sistemas), creado por la ISO (organización internacional de estándares), es una descripción abstracta para diseño de protocolos de redes de cómputo. El modelo divide las diferentes funciones de comunicación en siete capas que pueden funcionar de manera independiente una de otra.

Así como se describe en la unidad "redes avanzadas", el diseño de protocolos de la OSI sigue el principio de "pila". Al tener un modelo de protocolos en capas o "apilado" implica que cada capa usa únicamente la funcionalidad de la capa inferior, y provee funcionalidad exclusivamente a la capa inmediata superior.

Este enfoque en capas tiene implicaciones directas en la manera en que podemos implementar atributos de seguridad.



Los estándares de redes inalámbricas se refieren, normalmente, a la capa 1 y capa 2 de la pila de protocolos OSI, conservando el paquete IP sin cambios. Los paquetes IP se transportan sobre protocolos del nivel físico y de enlace de datos que son específicamente de carácter inalámbricos.

Por ejemplo, si consideramos la "confidencialidad del tráfico de datos" entre dos puntos de acceso, podemos lograr resultados similares (protección de la información) actuando en tres capas diferentes:

- La capa de aplicación (mediante TLS/SSL)
- La capa IP (mediante IPSEC)
- La capa de enlace (mediante cifrado)

Recuerde que cuando hablamos de seguridad inalámbrica, sólo estamos examinando los mecanismos de seguridad en las capas 1 y 2, o sea, del cifrado (nivel de enlace). Otros mecanismos de seguridad presentes a nivel 3 y superiores son parte de la seguridad implementada en las capas de red o de aplicación.

6.1 Comentarios generales acerca del cifrado en el nivel de enlace

El cifrado en el nivel de enlace es el proceso de asegurar los datos cuando son transmitidos entre dos nodos instalados sobre el mismo enlace físico (puede ser también el caso de dos enlaces diferentes mediante un repetidor, ejemplo un satélite). Con cifrado a nivel de enlace, cualquier otro protocolo o aplicación de datos que se ejecuta sobre el enlace físico queda protegida de cualquier intercepción.

El cifrado requiere una clave secreta compartida entre las partes en contacto, y un algoritmo previamente acordado. Cuando el transmisor y receptor no comparten un medio de transporte de datos en común, los datos deben ser descifrados y nuevamente cifrados en cada uno de los nodos en el camino al receptor.

El cifrado en el nivel de enlace se usa en caso de que no se aplique un protocolo de mayor nivel.



Cifrado a nivel de enlace en el estándar IEEE 802.11

El algoritmo de cifrado mejor conocido para la el estándar IEEE 802.11 es el llamado en inglés Wired Equivalent Privacy (WEP). Está probado que WEP es inseguro, y otras alternativas, como el protocolo Wi-Fi Protected Access (WPA), es considerado como el estándar recomendado. El nuevo estándar IEEE 802.11i va a incluir una extensión de WPA, llamada WPA2.

El cifrado a nivel de enlace no provee **seguridad de extremo a extremo**, fuera del enlace físico, y soóo debe ser considerada una medida adicional en el diseño de la red.

El cifrado a nivel de enlace requiere más recursos de hardware en los puntos de acceso y medidas especiales de seguridad en la administración y distribución de llaves.

7. Confidencialidad en redes inalámbricas

7.1 WEP o no WEP



Definimos la confidencialidad en redes inalámbricas como el acto de asegurar que la información transmitida entre los puntos de acceso y los clientes no sea revelada a personas no autorizadas. La confidencialidad debe asegurar que ya sea la comunicación entre un grupo de puntos de acceso en un sistema de distribución inalámbrico (WDS por sus siglas en inglés), o bien entre un punto de acceso (AP) y una estación o cliente, se conserva protegida contra intercepciones.

La confidencialidad en redes inalámbricas ha sido asociada tradicionalmente con el término “privacidad equivalente a enlaces alambrados” o WEP, por su siglas en inglés. WEP fue parte del estándar IEEE 802.11 original, de 1999.

El propósito del WEP fue brindar, a las redes inalámbricas, un nivel de seguridad comparable al de las redes alambradas tradicionales. La necesidad de un protocolo como WEP fue obvio, las redes inalámbricas usan ondas de radio y son más susceptibles de ser interceptadas.

La vida del WEP fue muy corta; un diseño malo y poco transparente condujo ataques muy efectivos a su implantación. Algunos meses después de que el WEP fuera publicado, el protocolo fue considerado obsoleto. Aunque la llave tenía una longitud limitada debido a restricciones de exportación, se pudo probar que el protocolo era débil independientemente de ese hecho.

No fueron solo las fallas de diseño las que hicieron que WEP fuera obsoleto, sino también la falta de un sistema de manejo de llaves como parte del protocolo. WEP no tuvo incluido sistema alguno de manejo de llaves. El sistema de distribución de llaves fue tan simple como teclear manualmente la misma llave en cada dispositivo de la red inalámbrica (un secreto compartido por muchos no es un secreto!).

WEP fue seguido por varias extensiones de carácter propietario que resultaron también inadecuadas, por ejemplo WEP+ de Lucent, y WEP2 de Cisco.



WEP y sus extensiones (WEP+, WEP2) son al día de hoy obsoletas. WEP está basado en el algoritmo de encripción RC4, cuyas implementaciones en el estándar IEEE 802.11 se consideran inadecuadas.

Existen varios ataques y programas para quebrar el WEP (Airsnort, wepcrack, kismac, aircrack etc). Algunos de los ataques están basados en la limitación numérica de los vectores de inicialización del algoritmo de cifrado RC4, o la presencia de la llamada “debilidad IV” en un datagrama.

- Para los interesados en los aspectos históricos de la seguridad del WEP, pueden consultar los recursos adicionales de esta unidad.

7.2 WEP muere, nacen WPA y WPA2

Luego del deceso del WEP, en 2003 se propone el Acceso Protegido a Wi-Fi (WPA, por sus iniciales en inglés) y luego queda certificado como parte del estándar IEEE 802.11i, con el nombre de WPA2 (en 2004).

WPA y WPA2 son protocolos diseñados para trabajar con y sin un servidor de manejo de llaves. Si no se usa un servidor de llaves, todas las estaciones de la red usan una “llave previamente compartida” (PSK - Pre-Shared-Key-, en inglés), El modo PSK se conoce como WPA o WPA2-Personal.

Cuando se emplea un servidor de llaves, al WPA2 se le conoce como WPA2-Corporativo (o WPA2-Enterprise, en inglés). En WPA-Corporativo, se usa un servidor IEEE 802.1X para distribuir las llaves.

Una mejora notable en el WPA" sobre el viejo WEP es la posibilidad de intercambiar llaves de manera dinámica mediante un protocolo de integridad temporal de llaves (TKIP -Temporal Key Integrity Protocol).



WPA2 – Acceso protegido a Wi-Fi

WPA2 es la versión certificada de WPA y es parte del estándar IEEE 802.11i. Hay dos cambios principales en WPA2 vs. WPA:

1. El reemplazo del algoritmo Michael por una código de autenticación conocido como el protocolo "Counter-Mode/CBC-Mac " (CCMP), que es considerado criptográficamente seguro.
2. El reemplazo del algoritmo RC4 por el "Advanced Encryption Standard (AES)" conocido también como Rijndael.



Recomendaciones para confidencialidad en datos:

Si se necesita confidencialidad mediante el cifrado a nivel de enlace: la mejor opción es WPA2 en modo "corporativo" (WPA2-Enterprise").

En caso de usarse una solución más simple como la WPA2-Personal, deben tomarse precauciones especiales al escoger una contraseña (llave pre-compartida, PSK).

El protocolo WEP y sus variantes WEP+, y WEP2, deben ser descartados

8. Autenticación en Redes inalámbricas

En el contexto de las redes LAN, la autenticación es la medida diseñada para establecer la validez de una transmisión entre puntos de acceso y/o estaciones inalámbricas En otros términos, la autenticación inalámbrica significa "el derecho a enviar hacia y mediante el punto de acceso".

Para entender "Autenticación" en redes inalámbricas es necesario entender qué sucede en el inicio de la sesión de comunicación entre un punto de acceso y una estación inalámbrica. El inicio de una comunicación comienza por un proceso llamado "asociación".

Cuando el estándar IEEE 802.11b fue diseñado, se introdujeron dos mecanismos de "asociación":

- Autenticación abierta y
- Autenticación con llave compartida

La autenticación **abierta implica NO seguridad y cualquiera puede hablarle al punto de acceso.**

En la autenticación **de llave compartida, se comparte una contraseña entre el punto de acceso y la estación cliente**. Un mecanismo de reto/respuesta le permite al punto de acceso verificar que el cliente conoce la llave compartida, y entonces conced el acceso.

WEP y la Autenticación en la capa 2



La Autenticación con llave compartida implementada en WEP también es obsoleta. Varios ataques tipo texto plano versus texto cifrado pueden vulnerar la Autenticación basada en WEP. Debido al hecho de que la llave de cifrado y Autenticación son el mismo secreto compartido, una vez que una resulta comprometida, la otra también.



Recomendaciones de Autenticación inalámbrica:

La Autenticación inalámbrica mediante la capa 2 requiere el uso del modo WPA2-corporativo. La Autenticación en las redes inalámbricas, como las implantadas por los proveedores de servicios de internet inalámbricos, normalmente se utiliza en capas de red mas altas (capa IP) mediante portales cautivos (que requieren identificarse ante un sitio web).

Es importante entender que al transferir la Autenticación a un "portal cautivo" no tenemos un recurso para detener el flujo de tráfico que cruza nuestros puntos de accesO.

8.1 Detener la difusión de la SSID como medida de seguridad

La firma Lucent Technologies desarrolló en el año 2000 una variación del esquema de Autenticación abierta llamado "red cerrada". Las redes cerradas se diferencian del estándar IEEE 802.11b en que el punto de acceso no difunda periódicamente las llamadas "Tramas Baliza" o "Beacon Frames".

Evitar la publicación de la SSID implica que los clientes de la red inalámbrica necesitan saber de manera previa que SSID deben asociar con un punto de acceso. Esta cualidad ha sido implantada por muchos fabricantes como una mejora de "seguridad". La verdad es, mientras detener la difusión de la SSID previene a los clientes enterarse de la SSID por medio de una "trama baliza", no impedirá que otro software de intercepción detecte la asociación que provenga de otro punto de la red cuando ésta eventualmente ocurra.

Deteniendo la difusión de la SSID



La detección de la difusión de la SSID no impedirá que una persona "interesada" encuentre la SSID de su red. Configurando la red como "cerrada" solo añadirá una barrera adicional a un intruso corriente. Detener la difusión de la SSID debe considerarse como una "precaución adicional", más no una medida de seguridad efectiva.

8.2 Usando el filtrado de direcciones MAC como medida de seguridad

Se ha convertido en práctica común usar la dirección MAC de la interfaz inalámbrica como mecanismo para limitar el acceso a una red inalámbrica. La hipótesis detrás de esto es que las direcciones MAC están "alambradas" y no pueden ser modificadas por usuarios corrientes. La realidad es muy diferente y las direcciones MAC, en el común de las redes inalámbricas pueden ser fácilmente modificadas.

Usando direcciones MAC para Autenticación



Un mecanismo de Autenticación basado SOLO en direcciones MAC es inseguro.

8.3 Portales cautivos para redes inalámbricas

La discusión acerca de los "portales cautivos o captivos inalámbricos" merece una unidad completa, pero al menos haremos una pequeña introducción en esta unidad, dada su relevancia en seguridad inalámbrica.

Si bien hay varias implementaciones de portales cautivos, la mayoría de estos están basados en el mismo tipo de concepto. En una red donde la Autenticación se hace mediante portales cautivos, a los clientes se les permite asociar con un punto de acceso (sin Autenticación inalámbrica) y obtener una dirección IP con el protocolo DHCP (no se requiere Autenticación para obtener la dirección IP). Una vez que el cliente obtiene la dirección IP, todas las solicitudes HTTP se capturan y son enviadas al portal cautivo, y el cliente es forzado a identificarse en una pagina web.

Los portales captivos son responsables de verificar la validez de la contraseña y luego modificar el estatus del cortafuego. Las reglas del cortafuego esta comúnmente basadas en la dirección MAC del cliente y las direcciones IP.

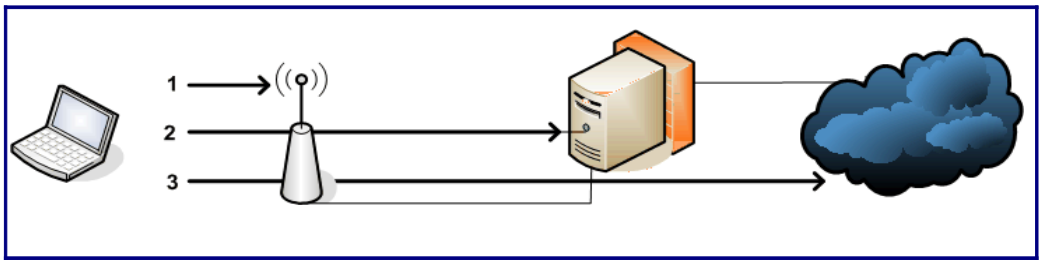


Figura 1: Un portal cautivo con Autenticación en tres pasos

En la figura, podemos ver la Autenticación del portal cautivo en tres pasos. El primer paso (1) requiere una asociación del cliente a la red inalámbrica. No se espera una Autenticación en términos de WEP-WPA, y normalmente se anuncia la SSID. En el segundo paso (2) el cliente obtiene una dirección IP mediante DHCP. El tráfico se enlaza a través del punto de acceso sin Autenticación alguna. En el último paso (3), el tráfico HTTP del cliente se redirecciona al servidor del portal cautivo. El cliente se identifica (usando, normalmente, HTTPS + nombre + contraseña). Finalmente el servidor del portal cautivo modifica o crea una regla en el cortafuego para permitir el trafico hacia la internet.

Existen varios problemas de seguridad asociados con este tipo de implementación. Para más información vea los ejercicios propuestos.

9. Integridad de datos en redes inalámbricas



Definimos integridad de datos como la capacidad de un protocolo inalámbrico para determinar si la información transmitida ha sido alterada por personas no autorizadas.

En 1999, el protocolo WEP también buscó proveer integridad de tráfico de datos, pero desafortunadamente el mecanismo de integridad, o CRC (código de redundancia cíclica), resultó inseguro. El diseño fallido de WEP permite la alteración del código CRC del tráfico, sin la necesidad de saber la llave WEP, es decir que el tráfico puede ser alterado sin que se note.

Los protocolos WPA y WPA2 resolvieron el problema de la integridad de datos en WEP mediante la inclusión de un mensaje de código de autenticación más seguro y la inclusión de un contador de segmentos (frames), que previene los “ataques por repeticion” (replay attack). En un ataque de repetición el atacante registra la conversación entre un cliente y un punto de acceso, para obtener un acceso no autorizado. Al responder una conversación “antigua” el atacante no necesita saber la llave secreta WEP.



Integridad de datos: WEP vs WPA2

La integridad de datos mediante WEP es obsoleta.



Recomendaciones sobre integridad de datos:

Se debe implementar WPA o WPA2 para lograr integridad de datos inalámbrica mediante el cifrado en la capa de enlace.

9.1 Nota sobre seguridad acerca de WPA



WPA fue diseñado como un paso intermedio hacia WPA2 (estándar IEEE 802.11i). WPA sólo incluye un subconjunto de las características del estándar IEEE 802.11i y se enfoca en preservar la compatibilidad con adaptadores que funcionan con el estándar IEEE 802.11b.

WPA abordó las fallas encontradas en WEP. WPA incrementó la longitud de las llaves, el número de llaves en uso y agregó un nuevo mensaje de código de Autenticación. Se usó el algoritmo Michael debido a que es el más robusto y funciona con adaptadores de red antiguos. El algoritmo Michael es aun candidato a ser atacado y debido a ello las redes basadas en WPA implementan un mecanismo de suspensión de 30 segundos en caso de detección de ataque.

		WPA	***WPA2***
Modo corporativo	Autenticación	IEEE 802.1X / EAP[2]	IEEE 802.1X / EAP
	Cifrado	TKIP[3]/MIC	AES-CCMP
Modo personal	Autenticación	PSK	PSK
	Cifrado	TKIP/MIC	AES-CCMP

Tabla 1: Autenticación y Cifrado en WPA y WPA2 (Modo corporativo y personal)

2. EAP stands for Extensible Authentication Protocol, it is a security protocol invoked by an IEEE 802.1X enabled Network Access Server (NAS) device such as an IEEE 802.11 a/b/g Wireless Access Point.
3. TKIP stand for the Temporal Key Integrity Protocol.

10. Disponibilidad en redes inalámbricas



Definimos disponibilidad de la red inalámbrica como la capacidad de la tecnología que asegura un acceso confiable a servicios de datos e información para usuarios autorizados.

Lo primero a considerar es que no es simple detener a alguien que busca interferir con su señal de radio. Las redes inalámbricas operan en canales predefinidos que cualquiera puede usar para enviar señales de radio. La prevención de la interferencia por parte de usuarios no autorizados es prácticamente imposible. Lo único que puede hacer es monitorear cuidadosamente su enlaces para identificar fuentes potenciales de interferencia (ver la unidad de monitoreo y administración).



Negación de servicio

Las redes inalámbricas son vulnerables a los ataques de Negación de Servicio mediante interferencia de radio. Considere un escenario donde otro operador de red decide configurar sus dispositivos de radio en el mismo canal en el que opera su red. Puede imaginar además qué sucede si se publica un SSID idéntico.

Para evitar esta clase de ataques, intencionales o no, debe considerar el rastreo periódico de frecuencias de radio.

Para evitar la interferencia con otras redes, no sobrecargue la potencia de sus enlaces

Existen varias razones para que un enlace de desempeñe de manera deficiente o no esté disponible. La presencia de nodos escondidos puede afectar el desempeño de la familia de protocolos IEEE 802.11. Virus, software de intercambio de archivos, “spam”, etc., pueden inundar su red con tráfico y limitar el ancho de banda disponible para las conexiones autorizadas a servicios legítimos

Como se discutió en la sección de Autenticación de esta unidad, es difícil prevenir que usuarios ilegítimos se comuniquen con su punto de acceso o portal cautivo. La disponibilidad en redes inalámbricas requiere de buenas prácticas de monitoreo.

11. No repudiación en redes inalámbricas (rendición de cuentas)

La familia de estándares IEEE 802.11 no se hace cargo de la “rendición de cuentas” en el tráfico de datos. Los protocolos inalámbricos no tienen un mecanismo para asegurar que el emisor de datos tenga una prueba de envío de la información y que el receptor obtenga una prueba de la identidad del emisor.La rendición de cuentas debe ser implementada en protocolos de capas superiores.

12. Amenazas de seguridad en redes inalámbricas

La tabla siguiente presenta la diez amenazas de seguridad más relevantes en redes inalámbricas y provee un conjunto de recomendaciones para cada una de éstas.

1	**Confidencialidad**	Riesgo de interferencia, usuarios no autorizados pueden obtener acceso al tráfico de datos en su red.	Usar cifrado en la capa de enlace en sus enlaces inalámbricos (WPA2). Recomendar a sus usuarios el uso de “cifrado” en protocolos de alto nivel (SMTP seguro, HTTPS)
2	**Confidencialidad**	Riesgo de arrebato de tráfico y riesgo de un ataque tipo de intermediario	Recomendación 1 + Monitorear la SNR, la SSID y la dirección MAC de su conexión
3	**Autenticación**	Riesgo de acceso no autorizado a su red inalámbrica	Implemente IEEE 802.1X (WPA2) No dependa solo de un esquema de autenticación basado en direcciones MAC.No publique su SSID
4	**Autenticación**	Riesgo de acceso no autorizado a su red inalámbrica y al Internet	Implemente IEEE 802.1X Implemente un portal cautivo
5	**Integridad**	Riesgo de alteración de tráfico en la red inalámbrica	Recomiende a sus usuarios el uso de cifrado en capas superiores (HTTPS, SMTP seguro) Use cifrado en su enlace inalámbrico (WPA2)
6	**Disponibilidad**	Riesgo de interferencia Negación de servicio (Congestionamiento)	Monitoree periódicamente el espectro de radio No sobrecargue la potencia de sus enlaces
7	**Disponibilidad**	Riesgo de no disponibilidad de ancho de banda debido a retransmisiones de radio	Busque nodos ocultos y fuentes de interferencia Monitoree retransmisiones de capa de

			enlace en Puntos de Acceso
8	**Disponibilidad**	Riesgo de no disponibilidad de ancho de banda debido a software malicioso	Monitorear tráfico IP, especialmente de tipo ICMP y UDP Incluya detectores de intrusión
9	**Autenticación** **Rendición de cuentas**	Riesgo de acceso no autorizado a su Intranet	Implemente la red inalámbrica fuera de su cortafuegos Implemente una Red Privada Virtual y permita conexiones solo vía el concentrador VPN
10	**(Acceso a la red)** **Rendición de cuentas**	Riesgo de uso no autorizado de recursos de la red.	Implementado en IEEE 802.1X Implemente un portal cautivo basado en firmas digitales

Tabla 2: Las diez amenazas de seguridad más relevantes a redes inalámbricas, con las medidas preventivas recomendadas.

13. Conclusiones

Esta unidad presenta la seguridad inalámbrica desde el punto de vista de la "seguridad de los sistemas de información" o INFOSEC.

Existen 5 atributos de seguridad: Confidencialidad, Autenticación, Integridad, No-Repudiación y Disponibilidad, presentados en el contexto de las redes inalámbricas.

Dado que la formulación de los estándares de enlaces inalámbricos como el IEEE 802.11 solo hacen referencia a las capas 1 y 2 del modelo OSI, algunos atributos de seguridad pueden ser implementados por protocolos que corresponden a capas superiores.

Un buen diseño de red inalámbrica debe incluir el lugar para implementar cada atributo de seguridad. Por ejemplo, el cifrado para efectos de confidencialidad puede ser implementado en la capa de enlace, en la capa IP o en la de aplicación; la SSID puede ser difundida o no, la autenticación puede ser implementada usando IEEE 802.1X, un portal cautivo o filtrado a nivel de direcciones MAC.

Cualquier implementación va a depender siempre de escenarios y aplicaciones específicas.

Los 5 temas principales de esta unidad que deben ser recordados pueden resumirse como:

1. La seguridad meramente inalámbrica solo incluye mecanismos de seguridad presentes en las capas 1 y 2.
2. La encripción a nivel de la para de enlace (WEP, WPA, WPA2) es una medida de seguridad comúnmente utilizada pero no garantiza confidencialidad punto-a-punto. Si se necesita seguridad a nivel de capa de enlace evite el uso de WEP, y use IEEE 802.11i (WPA2).

La supresión del anuncio de la SSID y el filtrado mediante direcciones MAC no son métodos de autenticación seguros. Es necesario un método de autenticación de más alto nivel, como por ejemplo un portal cautivo.

3. Una red puede tornarse inoperativa como resultado de ataques de Negación de servicio o software malicioso, pero también debido a nodos ocultos de los que no tenemos idea de su existencia, y problemas de interferencia. Solo mediante el monitoreo de tráfico en la red, se pueden encontrar las causas reales de un problema.
4. No hay una solución estandard de seguridad para todas las redes inalámbricas. Es necesario tener una idea clara de los requisitos de seguridad, y la solución depende de cada escenario.

14. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:´

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 Abril 2007. Traducción de LaNeta.



Unidad 13: Mesh

Autor: *Sebastian Büttrich.less.dk wire.*

Traducido por Leonardo González, Fundación EsLaRed

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 3
1.1 Información sobre propiedad intelectual..... 3
1.2 Grado de dificultad..... 3
1.3 Información sobre los iconos..... 3
2. Introducción..... 3
3. Definiendo redes MESH..... 4
3.1 Topología y dinámica de la red MESH..... 5
3.2 Conociendo la topología MESH..... 5
3.3 Topología MESH - Escenario típico..... 6
3.4 Topología MESH – Términos relacionados..... 6
4. Motivación, expectativas y limitaciones..... 6
4.1 Ajustes reales..... 7
4.2 Precio..... 7
4.3 Organización y modelos de negocio..... 7
4.4 Facilidad y simplicidad..... 7
4.5 Red robusta..... 7
4.6 Potencia..... 7
4.7 Integración..... 7
4.8 Entornos urbanos y rurales..... 8
4.9 Tópicos y limitaciones..... 8
5. Protocolos de enrutamiento de MESH y mediciones..... 8
5.1 Elementos de enrutamiento MESH..... 8
5.2 Tipos de protocolos de enrutamiento MESH..... 8
5.2.1 Proactivo (manejo por tablas)..... 8
5.2.2 Reactivo (por demanda)..... 9
5.3 Mediciones..... 9
6. Protocolos de enrutamiento Mesh - Ejemplos..... 9
6.1 MMRP (MobileMesh)..... 9
6.2 OSPF..... 10
6.3 OLSR..... 10

6.4 OLSR con medidas ETX..... 10
6.5 AODV..... 11
7. Hardware MESH..... 11
7.1 Ejemplos:..... 12
7.1.1 4G AccessCube..... 12
7.1.2 MeshNode..... 12
7.1.3 Linksys WRT54G, GS, GL..... 13
7.1.4 Locustworld MeshAP..... 14
7.1.5 Hardware Mesh: laptops personalizadas..... 14
8. Software relacionados con paquetes Mesh..... 15
8.1 MeshLinux..... 15
8.2 Zebra/Quagga..... 15
8.3 CUWin..... 15
8.4 Pebble..... 15
8.5 8.5 OpenWRT..... 16
8.6 FreifunkFirmware..... 16
9. Historias de casos Mesh..... 16
9.1 Alemania: Freifunk OLSR Mesh, Berlín, Alemania..... 16
9.2 Red inalámbrica comunitaria rural urbana. Estados Unidos (CUWiN)..... 18
9.3 Red comunitaria de MESH inalámbrica en Dharamsala India..... 19
9.4 Red MESH en el Instituto Meraka en Mpumalanga Sudáfrica: CSIR..... 21
9.5 Redes mesh, más que tecnología…..El acuerdo PicoPeering..... 22
10. Tópicos y limitaciones de redes Mesh..... 22
10.1 Latencia..... 22
10.2 Rendimiento..... 23
10.3 Escalabilidad..... 23
10.4 Seguridad..... 24
10.5 Distribuciones IP..... 24
11. Conclusiones..... 24
12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 24

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y localizado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad esta disponible bajo la licencia 2.5 llamada: Creative Commons AttributionShareAlike. Para saber como usar este material, puede leer el contenido de esta dirección: http://creativecommons.org/licenses/bysa/2.5/

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “avanzada”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Las redes MESH, explicadas brevemente, son redes en las cuales la información es pasada entre “nodos” en una forma de todas contra todas y en una jerarquía plana, en contraste a las redes centralizadas.

Las redes MESH desde los últimos años (desde el principio del milenio) han atraído más y más la atención en el mundo de las redes inalámbricas, desde vendedores de hardware hasta ingenieros de software, desde compañías comerciales hasta activistas en las comunidades.

Las razones abarcan desde tecnicismos robustos y de fácil implementación a promesas de bajo costo y bajo consumo de energía, y la visión omnipresente de redes que cubren ciudades y países enteros.

Sin duda alguna, el ad hoc, la naturaleza descentralizada y no jerárquica de las redes MESH ha atraído a muchos trabajadores tecnológicos interesados en redes comunales, debido a los valores implícitos que estas tienen.

3. Definiendo redes MESH

La siguiente es una definición básica de una red MESH:



"Una red MESH es aquella que emplea uno o dos arreglos de conexión, una topología total o una parcial. En la total, cada nodo es conectado directamente a los otros. En la topología parcial los nodos están conectados solo a algunos de los demás nodos".

Esto está mejor ilustrado en una red total simple, como se observa en la **figura 1**, en la cual todos los nodos (computadores) están conectados a todos los demás.

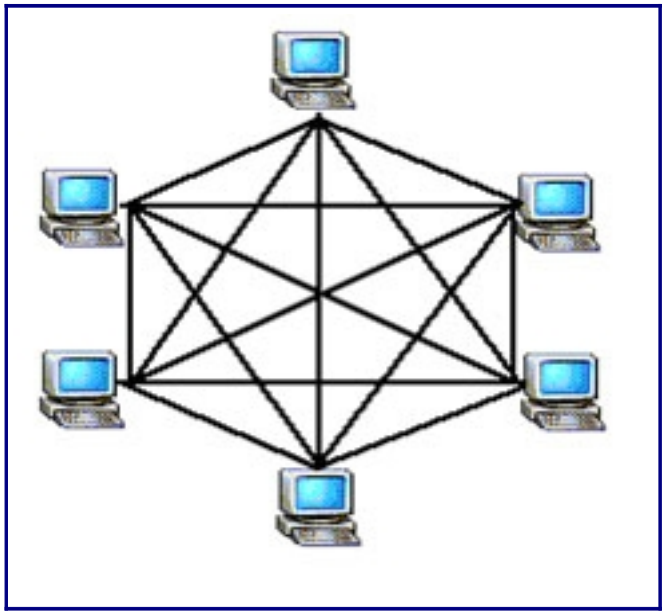


Figura 1: Diagrama de una red mesh total simple

Seguidamente, en la **figura 2** podemos observar un diagrama de una red MESH parcial, parecido a una implementación de MESH inalámbrico más realista: Los nodos tienen un grado variable de

conexión, con algunos nodos conectados a muchos nodos y otros en los extremos con pocas o una sola conexión.

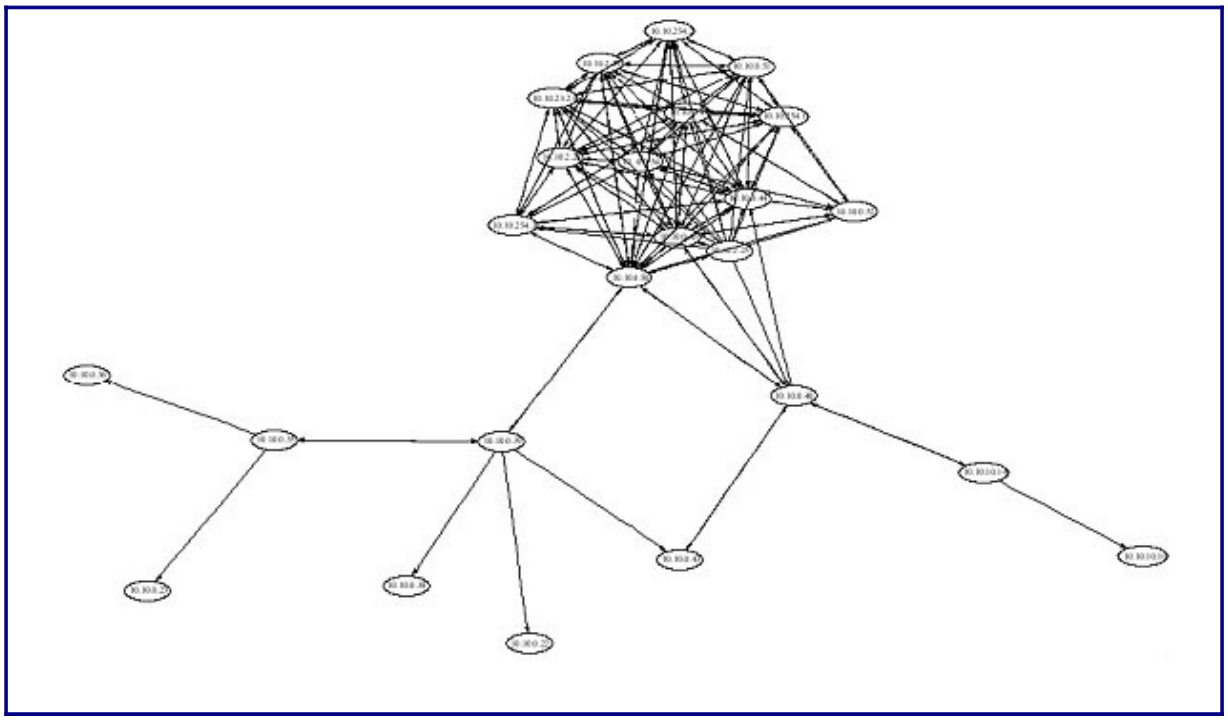


Figura 2: Diagrama de una red mesh parcial

3.1 Topología y dinámica de la red MESH

Como se puede ver en la definición, nada es necesariamente dinámico en una red MESH. Sin embargo, en años recientes, y en redes de conexión inalámbricas, el termino "MESH" es a menudo usado como un sinónimo de "ad hoc" o red móvil. Obviamente combinando las dos características de la topología MESH y las capacidades de ad hoc, es una proposición muy atractiva.

Mientras algunos ven las grandes ventajas de una red MESH en entornos dinámicos, la mayoría de las implementaciones más relevantes y exitosas que han surgido hasta ahora, son completamente estáticas, como por ejemplo con nodos/antenas colocados en techo.

3.2 Conociendo la topología MESH



Es útil recordar el entendimiento común y corriente de redes MESH como: *"redes que manejan conexiones de redes, todos contra todos, que son capaces de actualizar y optimizar dinámicamente estas conexiones".*

3.3 Topología MESH - Escenario típico

Un escenario típico MESH en una zona urbana puede verse así, conectando mayormente antenas en techos. Pero potencialmente incluyendo muchas otras ubicaciones, como torres de antenas, árboles, nodos móviles (vehículos, laptop).

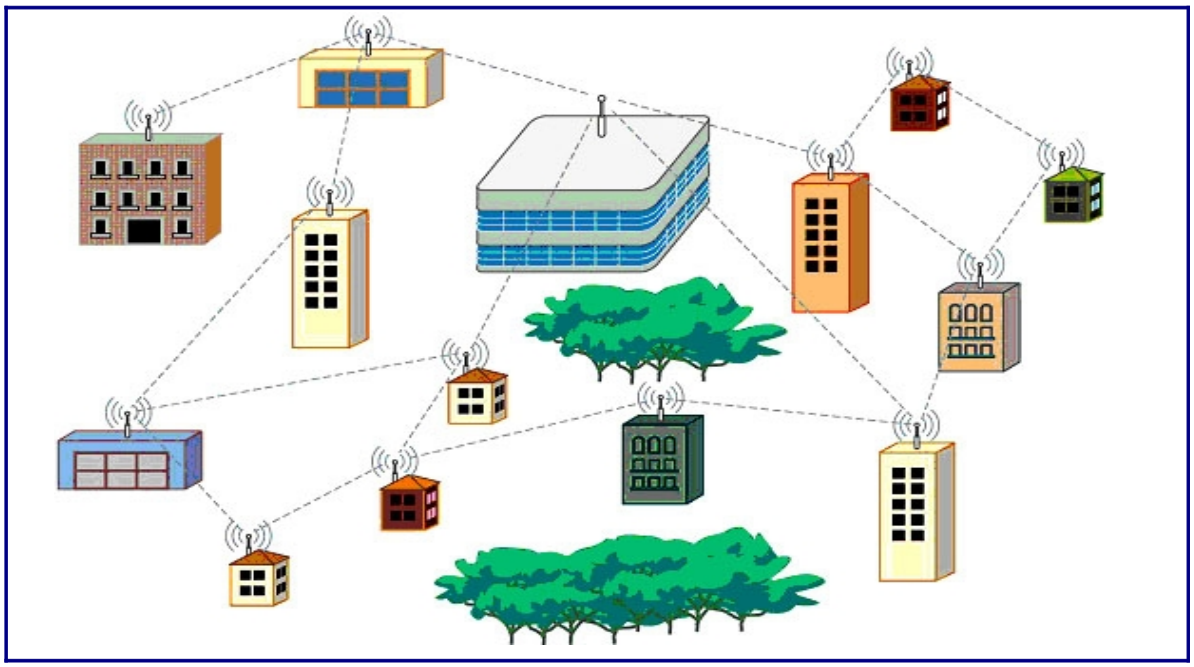


Figura 3: Escenario típico de una red mesh

3.4 Topología MESH – Términos relacionados

Cuando se lee sobre redes MESH, puedes encontrar muchos términos relacionados que algunas veces (aunque no siempre correctamente) son usados como sinónimos para redes MESH:

- **MANET** (red ad hoc móvil) – combinando los dos aspectos de movilidad y dinámica (no necesariamente presentes en redes MESH.
- **Redes AdHoc**, se enfoca en la espontaneidad, naturaleza dinámica de una red.
- **Redes MultiHop** se enfoca en el hecho de que la información viaja a través de muchos nodos.

4. Motivación, expectativas y limitaciones

La tecnología de las redes MESH están madurando gradualmente a un punto donde no puede ser ignorada, cuando se considera el despliegue de las tecnologías de redes inalámbricas. El primer despliegue de una comunidad MESH en gran escala (hasta algunos cientos de nodos) han demostrado suficientes ventajas para motivar futuros experimentos.

Estas son algunas de las razones del porque las redes MESH son vistas como una opción atractiva:

4.1 Ajustes reales

En la realidad la topografía raramente viene en forma de anillo, línea recta o estrella. En terrenos difíciles, sean remotos, rural o urbano, donde no todos los usuarios ven uno o algunos puntos centrales, lo mas posible es que el usuario solo vea a uno o mas usuarios vecinos.

4.2 Precio

El hecho que cada nodo MESH funciona tanto como cliente y como repetidor potencialmente significa ahorro en el número de radios necesarios y por lo tanto en el presupuesto total. Mientras este punto pierde relevancia con la caída de los precios de radios, la cercanía de las redes MESH puede reducir la necesidad de torres centrales (costosas y vulnerables) y otras infraestructuras centralizadas.

4.3 Organización y modelos de negocio

La naturaleza descentralizada de las redes MESH se presta muy bien para un modelo de propiedad en donde cada participante de la red posee y mantiene su propio hardware, el cual simplifica significativamente los aspectos financieros y comunales del sistema.

4.4 Facilidad y simplicidad

Para un artefacto que esta preinstalado con software de MESH inalámbrico y usa protocolo estándar como el 802.11b/g, el montaje es extremadamente simple. Ya que las rutas son configuradas dinámicamente, es generalmente suficiente arrojar la caja en la red y juntar cualquier antena requerida para alcanzar uno o más nodos vecinos existentes.

4.5 Red robusta

Las características de la topología de una red MESH y del enrutamiento AdHoc prometen gran estabilidad en cuanto a condiciones variables o en alguna falla de algún nodo en particular. La cual va a estar bajo duras condiciones experimentales.

4.6 Potencia

Los nodos de una red MESH, exceptuando posiblemente aquellos nodos que mantienen un enlace directo con Internet, pueden ser construidos con bajísimos requerimientos de energía, es decir, pueden ser desplegados como unidades completamente autónomas con energía solar, eólica, hidráulica, celdas combustibles (derivados del petróleo) o generada por tracción de sangre.

4.7 Integración

El hardware de las MESH tiene todas las ventajas de una tecnología firme y simple: típicamente pequeño, no hace ruido y fácilmente encapsuladas en cajas a prueba de agua. Esto significa que integra agradablemente a la intemperie así como también para usar dentro de los hogares.

4.8 Entornos urbanos y rurales

Hasta ahora, las redes MESH han sido mayormente propuestas para redes urbanas y redes municipales. Sin embargo, hay un gran potencial para redes MESH en zonas de conectividad rurales o lejanas.

4.9 Tópicos y limitaciones

Como cualquier tecnología existen limitaciones y tópicos para las redes MESH, la mayoría de estos están basados alrededor de los limites del ancho de banda, escalabilidad y las dificultades de garantizar calidad de servicio. Esto será discutido en detalle en su propia unidad.

Es importante estar al tanto del hecho que las estructuras organizacionales y comunicacionales de un proyecto no son necesariamente reflejados uno a uno por la estructura técnica de una red. Ellos pertenecen a dominios diferentes.

5. Protocolos de enrutamiento de MESH y mediciones

Un protocolo de enrutamiento MESH es una parte de software que tiene que manejar el enrutamiento (dinámico)y conexiones de nodos en una red.

5.1 Elementos de enrutamiento MESH

Entre los principales elementos de enrutamiento tenemos:

Descubrimiento de nodo – encontrar nodos mientras aparecen o desaparecen.

Descubrimiento de frontera – encontrar los limites o bordes de una red.

Mediciones de enlace – medir la calidad de los enlaces entre nodos.

Cálculo de rutas – encontrar la mejor ruta basado en la calidad de los enlacesm

Manejo de direcciones IP – asignar y controlar direcciones Ipm

Manejo de Up link/backhaul – manejo de conexiones a redes externas, como por ejemplo enlaces a Internet.

5.2 Tipos de protocolos de enrutamiento MESH

Dependiendo de la manera en la cual el protocolo controla los enlaces y sus estados, distinguimos dos tipos principales: proactivo y reactivo.

5.2.1 Proactivo (manejo por tablas)

Están caracterizados por chequeos proactivos del estado del enlace y actualización de tablas de enrutamiento, la cual lleva a una alta complejidad y carga de CPU, pero también a un alto rendimiento.

- **OLSR** (Optimized Link State Routing Protocol) (protocolo de enrutamiento por enlaces optimizados), OLSREXT,QOLSR.
- **TBRPF** (Topology Broadcast based on ReversePath
- **Forwarding routing protocolo**, (protocolo de transmisión basado en el reenvío por camino invertido)
- **HSLS** (Hazy Sighted Link State routing protocol) (protocolo de enrutamiento basado en desechar los enlaces de baja calidad)
- **MMRP** (Mobile Mesh Routing Protocol), short: MobileMesh
- **OSPF** (Open Shortest Path First)(basado en la ruta mas corta)

5.2.2 Reactivo (por demanda)

Reacción pasiva en detección de problemas (rutas que no trabajan), tiende a ser menos efectiva, pero también es menos exigente con el CPU. Las líneas entre estos dos tipos no son estrictas, existen mezclas y formas diferentes: **AODV**

5.3 Mediciones

El cÁlculo de las mediciones se hace cargo de la calidad de los enlaces y rutas, casi siempre hablamos del "costo" asignado a ciertas rutas, esto no debe ser confundido con un costo financiero sino más bien de la forma:

> *"¿que tanto sufre mi data cuando tomo esta ruta? (ejemplo: ¿porque la ruta es lenta o presenta pérdidas?)".*

En principio el protocolo de enrutamiento es independiente del cálculo de las mediciones.; solo necesita saber que tan buena es la ruta, no importa de donde viene ese valor.

Aun así mediciones sensibles son el núcleo de redes MESH inalámbricas. Para ilustrar esto: en el mundo cableado un mínimo de salto asegura la mejor conexión, porque todos los cables se supone que son conexiones casi perfectas. En el mundo inalámbrico, muchos saltos pequeños pueden a la final ser mejor que algunos saltos largos.

6. Protocolos de enrutamiento Mesh - Ejemplos

Las siguientes son las cualidades mas relevantes de algunos de los protocolos de enrutamiento MESH en redes inalámbricas:

6.1 MMRP (MobileMesh)

El protocolo móvil Mesh contiene tres protocolos separados, cada uno dirigido a una función específica:

- Link Discovery. Descubrir los enlaces, un simple protocolo "hola

- Routing Link. Enrutamiento, protocolo de paquetes donde se verifica el estado del enlace.
- Border Discovery Enables. Descubrimiento de bordes y activación de túneles externos.
- Desarrollado por Mitre, el software de MESH móvil es cubierto por el GNU, licencia para público en general.

6.2 OSPF

Este protocolo, **Open Shortest Path First,** opera sobre la ruta más corta, desarrollado por Interior Gateway Protocol (IGP) un grupo trabajador de la IETF, y está basado en algoritmo SPF:

- La especificación OSPF envía llamadas, verifica el estado de los enlaces y se lo notifica a todos los enrutadores de la misma área jerárquica.
- OSPF además funciona como un LSAs (Link – state advertsement) y avisa las interfases presentes, informa el tipo de medición usada y otras variables.
- Los enrutadores con este protocolo almacenan información y usando el algoritmo SPF calculan el camino mas corto.
- Este protocolo compite con RIP y IGRP, los cuales son protocolos de enrutamiento de vectores de distancia. Estos envían toda o una porción de sus tablas de enrutamiento a todos los enrutadores vecinos refrescando la información continuamente.

6.3 OLSR

Optimized Link State Routing (enrutamiento por enlaces optimizados), y descrito en el RFC3626:

- OLSR es un protocolo de enrutamiento para redes movibles AdHoc.
- Es un protocolo proactivo, maneja tablas utilizando una técnica llamada: multipoint relaying (MPR) for message flooding.(relevo o repetición multipunto por inundación de mensajes).
- Actualmente la implementación compila en GNU/Linux, Windows, OS X, sistemas FreeBSD y NetBSD.
- OLSRD esta diseñado para ser bien estructurado y de una implementación bien codificada que debería ser fácil de mantener, expandir y utilizada en otras plataformas. La implementación es amoldable en RFC3626 con respecto a su blindaje y funciones auxiliares.
- OLSR actualmente es visto como uno de los protocolos mas prometedores y estables.

6.4 OLSR con medidas ETX

El conteo de transmisión esperada, Expected Transmission Count (ETX), ha sido desarrollado en el MIT, Massachussets Institute of Technology:

- Consiste en la simple medición de un enlace y su comprobación garantiza que el enlace utilizado es el mas confiable y/o de mas alta capacidad.
- La medición ETX se basa en la relación de señales luminosas enviadas, pero no recibidas, en ambas direcciones de un enlace inalámbrico, esto significa que solo cuenta las pérdidas.
- En experimentos prácticos de MESH inalámbricos la inestabilidad de las tablas de enrutamiento viene dada por los continuos cambios de puerto de enlace, esto determina que el enlace es crítico o deficiente y busca nuevas rutas con menos pérdidas.
- La mayoría de los conceptos de cálculo de mediciones son basados en “la minimización de saltos contados”, un concepto muy común en redes cableadas que no se adapta a las redes inalámbricas.
- ETX añade un comportamiento razonable bajo las condiciones de la vida real basándose en mediciones de pérdidas de paquetes y no por saltos contados.
- Así como la mayoría de los protocolos, las mediciones de enlace son en principio independientes de los protocolos de enrutamiento y viceversa (transparencia). Por lo tanto ETX puede ser usado en combinación con varios protocolos de enrutamiento.

6.5 AODV

Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV), Protocolo de demanda de vectores de distancia, diseñado para redes móviles AdHoc:

- Activa dinamismo, arranque automatizado y enrutamiento multisalto entre computadores.
- El protocolo está en proceso de ser estandarizado.

7. Hardware MESH

Los nodos Mesh pueden ser casi cualquier pieza de equipo computacional, desde Laptops (casi sin costo) hasta computadoras repotenciadas y puntos de acceso modificados (en un rango de $50) Desde tablas de precio moderado hasta costosos equipos sofisticados.

En el futuro habrán mas y mas dispositivos móviles, como PDAs (palm, celulares y mezclas de los dos) los cuales son altamente capaces de convertirse en nodos MESH.

El mercado de hardware MESH está en desarrollo dinámico, la mayoría de los mercados clásicos externos abre plataformas y permite el desarrollo abierto estandarizado.

En lo que sigue daremos algunos ejemplos de hardware MESH para comunidades de redes inalámbricas.

7.1 Ejemplos:

7.1.1 4G AccessCube

Este modelo ha desaparecido de la escena por algún tiempo, sin embargo fue utilizado de manera exitosa alrededor del año 2005 en muchos experimentos MESH y es todavía un buen ejemplo de cómo acercarse al concepto de un nodo MESH. Veamos sus características:

Dimensiones: cubo pequeño (7x5x7cm) Bajo consumo de potencia (ca. 46W) 100Mbps Ethernet Potencia sobre Ethernet (estándar 802.3af) Hasta 2 interfases (4,6) WLAN (802.11a/b/g) (conectores RPSMA) Procesador de 400MHz MIPS Memoria Flash de 32MB, y memoria RAM de 64MB Puerto USB Precio (2004) Aprox. Entre 200 y 400 Euros	

Figura 4: 4G AccessCube

7.1.2 MeshNode

La presentación del nodo MESH (Figura 5) es una pequeña caja diseñada para intemperie, es impermeable y contiene un sistema operativo basado en Debian/GNULinux y dos tarjetas de radio con dos bandas (2.4 GHz & 5.8 Ghz). Su precio aproximado es 500 Euros. Fuente: http://www.meshnode.org/

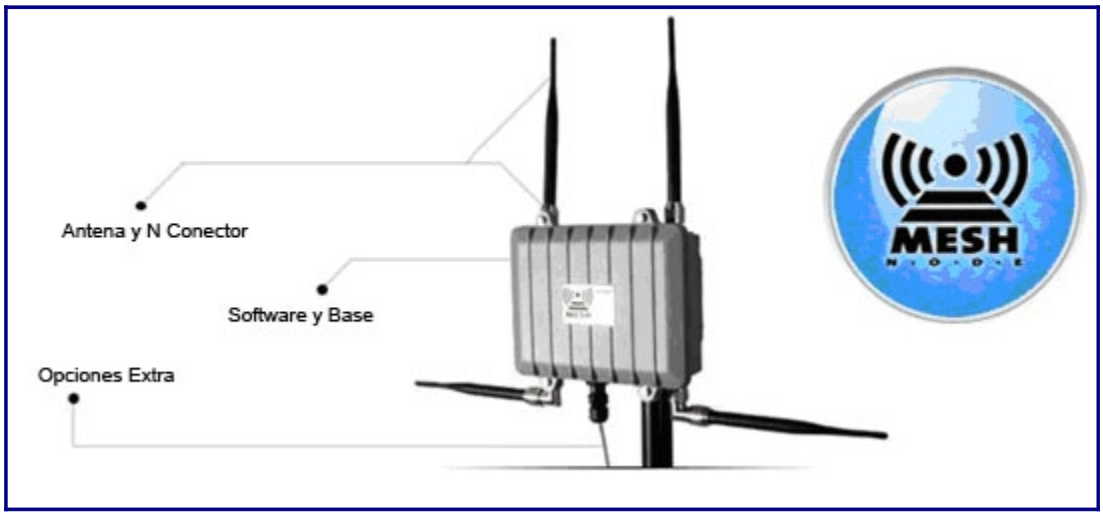


Figura 5: Nodo Mesh

7.1.3 Linksys WRT54G, GS, GL

Este punto de acceso inalámbrico no fue originalmente diseñado para usarse en intemperie, sin embargo es ampliamente utilizado bajo condiciones adversas por su bajo costo y fácil manejo, viene a ser una de las opciones mas interesantes y versátiles. Muchas distribuciones de firmware para los Linksys WRT están disponibles en: OpenWRT, EWRT, Batbox, Sveasoft, FreifunkFirmware, y muchos mas.

Hardware	RAM	Flash	Velocidad del CPU
WRT54G v2	16	4	200 MHz
WRT54GS	32	8	200 MHz
Procesador:	BCM4712KPB		
Precio (2005 en Euros)	60 (WRT54G)	70 (WRT54GS)	

Tabla 1: Especificaciones de Hardware



Figura 6: Linksys WRT54G

7.1.4 Locustworld MeshAP

La Compañía Locustworld con sede en el Reino Unido, produce el sistema MeshAP y está activo en muchos proyectos de desarrollo de comunidades. Podemos observar sus características en la figura 7.

El hardware tiene un procesador de 500 Mhz, 128 MB ram, tarjetas de radio, 32 MP compact flash drive, y no tiene partes móviles. Precio (Status 2005): alrededor de £250.	

Figura 7: Locustworld MeshAP

7.1.5 Hardware Mesh: laptops personalizadas

Cualquier laptop o PC estacionario con una tarjeta inalámbrica puede servir como un nodo MESH.

Las posibles configuraciones son muchas, sin embargo podemos mencionar algunos sistemas operativos tales como, e.g. Pebble Linux, MeshLinux.

8. Software relacionados con paquetes Mesh

En lo que sigue presentamos en forma breve una mezcla de distribuciones de Linux personalizadas, paquetes, colecciones de software de diferentes tipos que están destinados a redes MESH. Representan un buen punto de partida en experimentos educacionales e implementación en la vida cotidiana.

8.1 MeshLinux

- Realizada por Elektra, Berlín/Alemania
- Basada en Slackware Linux, alrededor de 50 MB ISO
- Señalada para ser utilizada en viejos laptops.
- Los protocolos Mesh incluidos son: MobileMesh, OLSR, BGP, OSPF, RIP, AODV

8.2 Zebra/Quagga

- Realizado por Kunihiro Ishiguro
- GNU Zebra es un software libre que maneja protocolos de enrutamiento basados en TCP/IP parte del proyecto GNU Project, distribuido como GNU GPL
- Protocolos Mesh incluidos: BGP4
- (RFC1771, A Border Gateway Protocol 4), RIPv1, RIPv2, OSPFv2, IPv6 ready.
- Fork: Quagga adds RIPv3, OSPFv3

8.3 CUWin

- Realizado por Champaign Urbana community project, USA.
- "El software **CUWiN** (redes inalámbricas de comunidad rural - urbana) es un sistema operativo completo para nodos mallados inalámbricos. Se comenzó con una distribución NetBSD y se le añadió drivers inalámbricos, códigos de enrutamiento y sistemas especializados que permiten a los nodos trabajar en armonía para enrutar el tráfico de cada uno de los demás nodos".
- Usa también HSLS, OSPF, ETX

8.4 Pebble

- Realizado por NYCWireless community.
- Está basado en Debian GNU/Linux.
- Corre en muchos tipos de sistemas por ser muy pequeño, como por ejemplo las viejas maquinas 486.
- Protocolos Mesh incluidos: OSPF, (OLSR en versión Metrix)

8.5 8.5 OpenWRT

- **OpenWrt** es una distribución Linux para el WRT54G, un firmware con la virtud de añadir paquetes, incluso se puede personalizar.
- Dos sistemas de archivo, y una partición de solo lectura permite una escritura mas larga.
- El código de solo leer provee: inicialización de la red(Ethernet e inalámbrico, firewall, DHCP cliente /servidor, caché, servidor dns, servidor telnet, SSH e interfases Web vía ipkg.
- Muchos otros paquetes e.g. php,nocat spalsh, asterisk

8.6 FreifunkFirmware

- Elaborado por Freifunk group, Berlín/Alemania.
- Puede ser instalado en cualquier Linksys WRT54g (versión 1.0 a 2.2), o WRT54gs (versión 1.0y 1.1), o WAP54g (únicamente en la versión 2.0) o un dispositivo compatible para poner en funcionamiento un típico nodo OLSR rápida y fácilmente.

9. Historias de casos Mesh

Esta es una representación subjetiva de diferentes acercamientos de distintos arreglos para afianzar los conceptos de este sistema.

9.1 Alemania: Freifunk OLSR Mesh, Berlín, Alemania

Esta red experimental de comunidad urbana (figura 8) actualmente está conformada por unos 200 nodos basado en OLSR **FirmwareFreifunk.** A éste software se le han dado muchos usos en proyectos comunitarios y de desarrollo. *Fuente: http://www.freifunk.net*



Figura 8: Freifunk OLSR Mesh Berlin

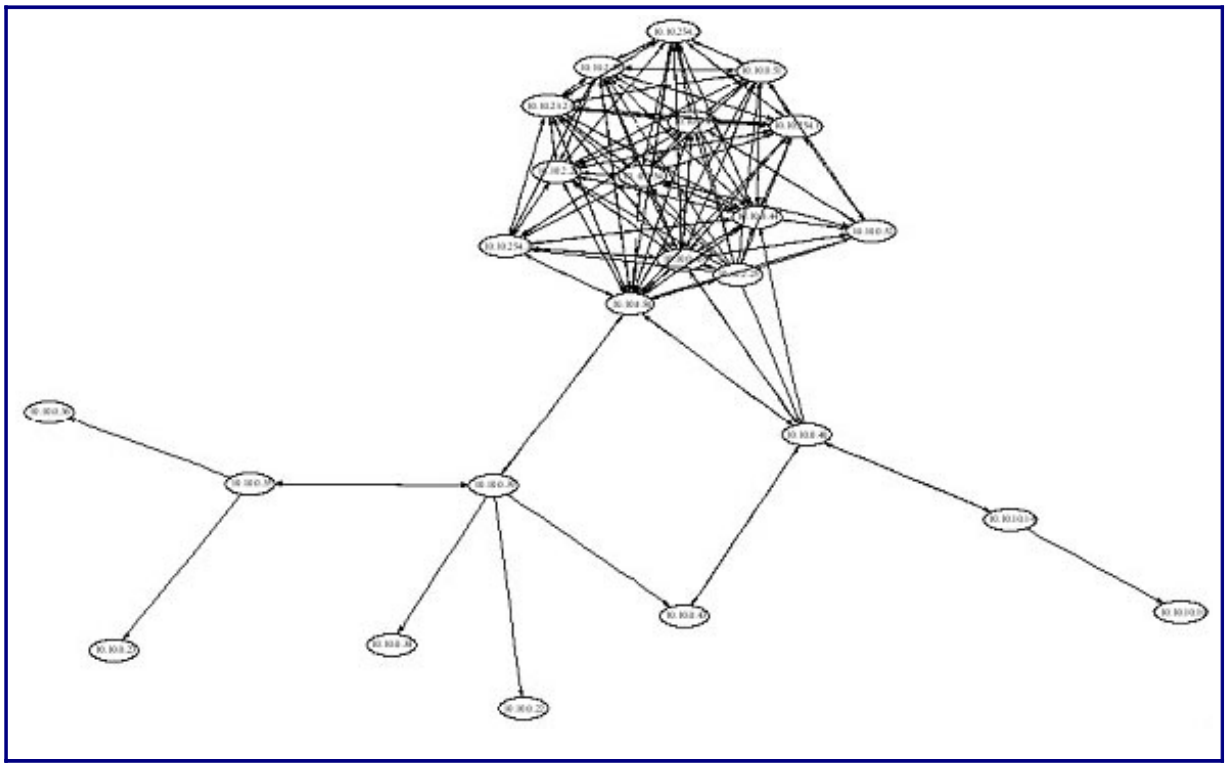


Figura 9: OLSR Diagrama Mesh

9.2 Red inalámbrica comunitaria rural urbana. Estados Unidos (CUWiN)

CUWiN (figura 10) es una iniciativa en desarrollo e investigación con una implementación de código abierto, de protocolo de enrutamiento HSLS, apostando a una red AdHoc inalámbrica escalable y altamente robusta.*fuente: http://cuwireless.net/whatiscuwin*



Figura 10: Red CuWin

9.3 Red comunitaria de MESH inalámbrica en Dharamsala India

Desde 1959 el antiguo gobernador del Tibet, guiado por el Dalai Lama XIV, ha mantenido un gobierno en el exilio al norte de la India.

> *"La red común de Dharamsala, se fundo siguiendo las leyes de WiFi externo en la India (28 de Enero de 2005). Para finales de Febrero la MESH ya tenía conectados 8 campus. Pruebas extensivas durante Febrero mostraron que los terrenos montañosos duros son los que se ajustan mas a las MESH como redes convencionales punto – multipunto."*

La topología MESH también ofrece gran área de cobertura, la naturaleza recuperadora del enrutamiento MESH probo ser esencial en lugares donde el servicio eléctrico es muy errático; para Octubre de 2005 la MESH incluía mas de 30 nodos todos compartiendo un solo canal de radio, desde el 2 de Octubre servicios de Internet han sido provistos en todos los miembros de la red MESH.

El ancho de banda disponible es de 6Mbps. Hay mas de 2000 computadores conectados a la MESH y cerca de 500 con acceso a Internet". Fuente:http://www.tibtec.org



Figura 11: Dharamsala mesh



Figura 12: Equipos Mesh de Dharamsala

9.4 Red MESH en el Instituto Meraka en Mpumalanga Sudáfrica: CSIR

> *"La primera antena del Instituto Meraka esta hecha con una lata de metal, como la del café, y una sección de un cuadro de una bicicleta soldada a un conector especial (figura 13); que se puede conectar con una antena similar en otro punto hasta 5 kilómetros".***Fuente:**http://wirelessafrica.meraka.org.za/

El proyecto es uno de los 10 subproyectos en el FMFI fundado por el Centro Internacional de Investigación en Desarrollo. El Instituto Meraka está a cargo de los desarrollos técnicos como parte de su propia red de información comunitaria (coin), iniciativa como proyecto de África inalámbrica.



Figura 13: Mpumalanga mesh

9.5 Redes mesh, más que tecnología…..El acuerdo PicoPeering

El acuerdo PicoPeering es un intento de conectar redes de comunidades islas instalando solo los equipos específicamente necesarios para un acuerdo equitativo entre usuarios de nodos de red.

En principio incluye: • Tránsito gratis • Comunicación abierta • No hay garantía • Términos de uso • Regulaciones locales *Fuente: http://picopeer.net*	

Figura 14: Logo PicoPeer

10. Tópicos y limitaciones de redes Mesh

Como cualquier tecnología, hay asuntos y limitaciones en las redes Mesh, la mayoría basadas entorno a los limites del ancho de banda, escalabilidad y las dificultades de garantizar calidad de servicio. La discusión es a menudo controversial y a veces muy predispuesta a intereses y agendas personales, es importante recordar que los requerimientos y expectativas pueden ser muy diferentes dependiendo de donde y de las necesidades puntuales del usuario.

Mientras cualquier ancho de banda por debajo de algunos MB/s seráa inaceptable en escenarios urbanos altamente desarrollados, algunos KB/s seráan un gran logro en cualquier otra ubicación.

10.1 Latencia



Latencia (El retraso de los paquetes a lo largo de su camino), obviamente tiene que crecer con el número de saltos.

Los efectos de latencia son dependientes de la aplicación usada en la red; los correos electrónicos por Ej. no sufren ni con grandes latencias, mientras que servicios de voz nos hacen sentir la latencia directamente.

La latencia se puede sentir desde los 170 ms en adelante, pero a veces un retraso de 5 s en un walkie talkie es mejor que no tener conexión de voz en lo absoluto.

10.2 Rendimiento

El tema del rendimiento del ancho de banda existe en todas las redes multisalto. La máxima escala de rendimiento con 1/n o 1/n2 o 1/n1/2, dependiendo del modelo ("n" es el número de saltos).

Para inalámbricas basadas en 802.11 los límites de rendimiento están principalmente determinadas por la mitad de la calidad duplex de los radios. En este caso tenemos un rendimiento ~ c/na con a = 1...2. Sin embargo, la idea Mesh no está unida al 802.11 en principio, y futuros estándares inalámbricos, preferiblemente full duplex, podrían eliminar esta limitación.

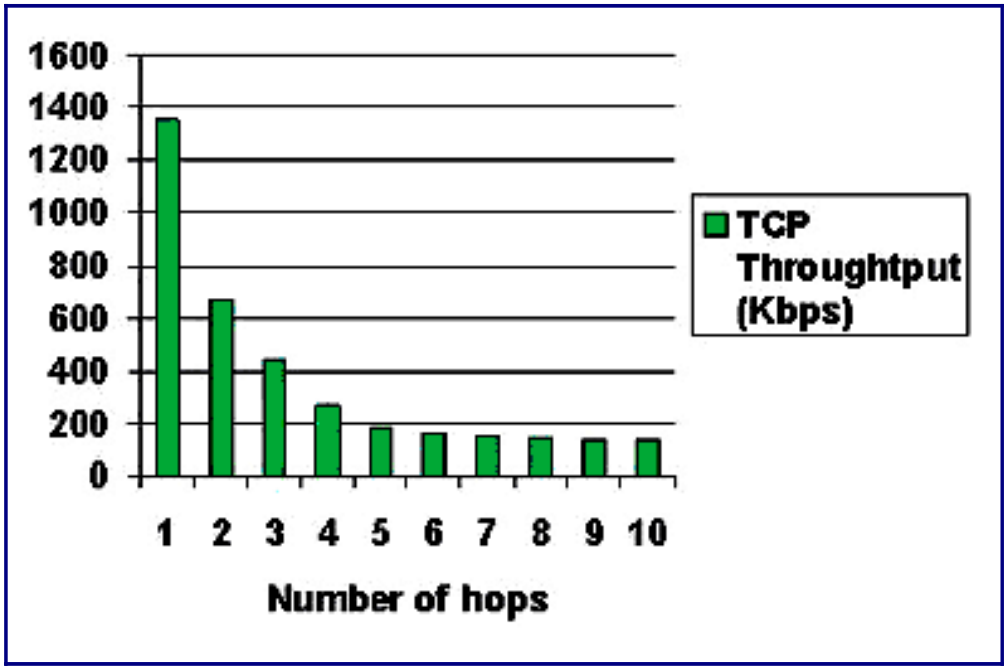


Figura 15: TCP throughput for 802.11 MAC

10.3 Escalabilidad

Mesh no ha sido probada sustentablemente en la vida real, con un poco más que algunas docenas hasta los bajo cientos de nodos.

- MIT red de techo: 4050
- Berlín OLSR: cerca de 200?
- CUWin: cerca de 50
- Dharamsala: > 30

Implementaciones comerciales (¿200 nodos? ,¿10,000 nodos?) a menudo no se comparte la experiencia (verdadera) abiertamente y por lo tanto sus resultados son difíciles de evaluar.

10.4 Seguridad

Simplemente hablando las redes Ad-Hoc por definición necesita reconocer y hablar con los clientes antes de conocerlos, esto constituye un reto en la seguridad de Internet. Las redes Mesh son por diseño muy vulnerables a ataques de negación de servicio (Denial of service – DOS).

10.5 Distribuciones IP

Las distribuciones IP de una red Mesh están lejos de ser triviales, mientras que la asignación de IP automático vía DHCP en rangos de IP privado no es problemático, las redes Mesh podrían en principio conocer redes vecinas en cualquier momento y el peligro de direcciones duplicadas y conflictos de red son obvios. IPv6 podría traer una solución a esto, pero todavía faltan algunos años para implementaciones a gran escala.

11. Conclusiones

Esta unidad presenta las bases de una red Mesh, enfocándose en redes comunitarias e implementaciones de software libre.

Lo que debemos recordar principalmente es:

- Las redes Mesh son redes que manejan conexiones de “todos contra todos” (Many-to-many) y son capaces de actualizarse dinámicamente optimizando éstas conexiones.
- Principales ventajas y limitaciones de las redes Mesh.
- Comprender los elementos de enrutamiento Mesh y el hardware que puede ser utilizado para construir redes Mesh.

12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 Abril 2007.



Unidad 13: Redes Mesh
Práctica de Laboratorio

Autor: Javier Triviño

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual..... 2
1.2 Grados de dificultad..... 2
1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 3
3. Desarrollo práctico..... 6
3.1 Procedimiento y configuración de los equipos WAP54G/ WAP54GL/ WAP54GS:..... 7
4. Referencias bibliográficas:..... 27
5. Anexo..... 27
5.1 Configurando una estación con LINUX..... 27
6. Resumen..... 29
6.1 Configuración bajo Windows de un nodo..... 30
7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 31

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material está basado en los materiales desarrollados para la Escuela de Redes / WALC.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica. Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX.

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio” y sólo la sección 9 es considerada “ avanzado”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Las redes inalámbricas han experimentado un importante auge en los últimos años debido a la aparición de dispositivos basados en la serie de normas 802.11 (802.11 a/b/g básicamente y ahora el nuevo estándar 802.11n), baratos y fáciles de utilizar, proporcionando una alternativa a las redes cableadas habituales.

Las redes inalámbricas permiten una flexibilidad y movilidad al usuario sin tener que sacrificar la conexión a Internet o a la red informática del lugar de trabajo. Pero estas redes están evolucionando de manera vertiginosa, mejorando sus prestaciones mediante nuevos equipos, pero sobretodo gracias a nuevos tipos de configuraciones físicas y lógicas distintas que permiten aumentar las prestaciones con cambios de "firmware". Un ejemplo de estas son las redes malladas inalámbricas.

Existen muchas formas de hacer redes malladas, de hecho las redes son una gran malla sobre la Internet (recomendamos ver el video de Ericsson "Warrior of the Network", pero no solo la malla corresponde a la capa física sino también la acompañan una serie de protocolos de comunicaciones que hacen factible el flujo de datos entre los nodos y clientes de una red. (http://en.wikipedia.org/wiki/Ad_hoc_protocol_list).

Entre los principales protocolos de redes malladas están:

1. Enrutamiento Pro-Activo:
    - **OSLR – Optimized Link State Routing**
    - **Mobile Mesh**
    - **HSLS – Hazy Sighted Link State "Visión Borrosa del estado del enlace"**
    - **TBRPF - Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding**
2. Enrutamiento Reactivo:
    - **AODV – Add Hoc Vector Distance**

    Referencia:

    http://en.wikipedia.org/wiki/Ad_hoc_protocol_list

    http://www.walc2005.ula.ve/taller1.html. Practica de AODV Eslared.

Las Redes Inalámbricas Mesh Networks (WMNs) consisten en dos tipos de nodos los enrutadores y los clientes, donde los enrutadores tienen movilidad mínima y forman el "backbone"o dorsal de las WMNs. Estas redes pueden integrarse a otras como Internet, IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16,

etc. Los clientes pueden ser estáticos o móviles y pueden crear una red mallada entre ellos mismos o con los enrutadores. Estas redes solucionan las limitaciones y mejoran el rendimiento de las redes ad-hoc.

Gracias a la posibilidad de conectarse a distintos puntos de acceso en lugar de a uno sólo se aumenta el ancho de banda que puede tener cada cliente, también resulta mucho más estable ya que puede seguir funcionando aunque caiga un nodo, en cambio en las redes habituales si cae un punto de acceso los usuarios de ese punto de acceso se quedan sin servicio. En la siguiente figura se puede observar una red mallada ejemplo en la que se pueden ver las distintas características que pueden tener estas redes.

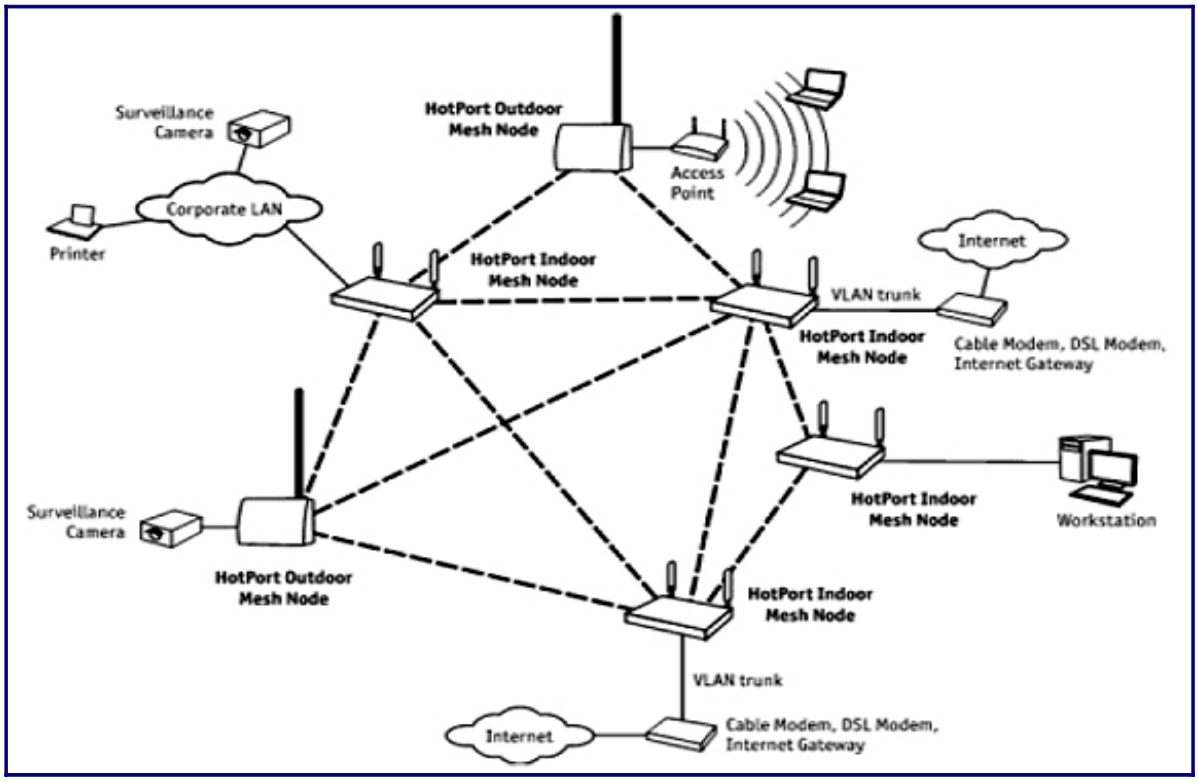


Figura 1: Ejemplo red mallada inalámbrica

Estas redes se organizan y se autoconfiguran automáticamente: entre los nodos de la red se establecen automáticamente los enlaces y mantiene la conectividad en malla entre ellos. Además, este proceso se realiza dinámicamente, permitiendo la aparición de nuevos nodos y la desaparición de nodos existentes. Estas características aportan grandes ventajas como robustez, fiabilidad y un mantenimiento fácil de redes. Para obtener una mejor flexibilidad de las redes malladas, los nodos están normalmente equipados con múltiples interfaces que pueden ser de diferentes tecnologías de

acceso inalámbricas. En la actualidad hay numerosas redes en malla desplegadas en varios países, a partir de los "*testbeds*" de WMN. Los ejemplos más destacados los podemos encontrar en la Universidad Carnegie-Mellon y en la de Illinois, "referencias tomadas de: http://bibliotecnica.upc.es/ pfc/mostrar_dades_PFC.asp?id=40626

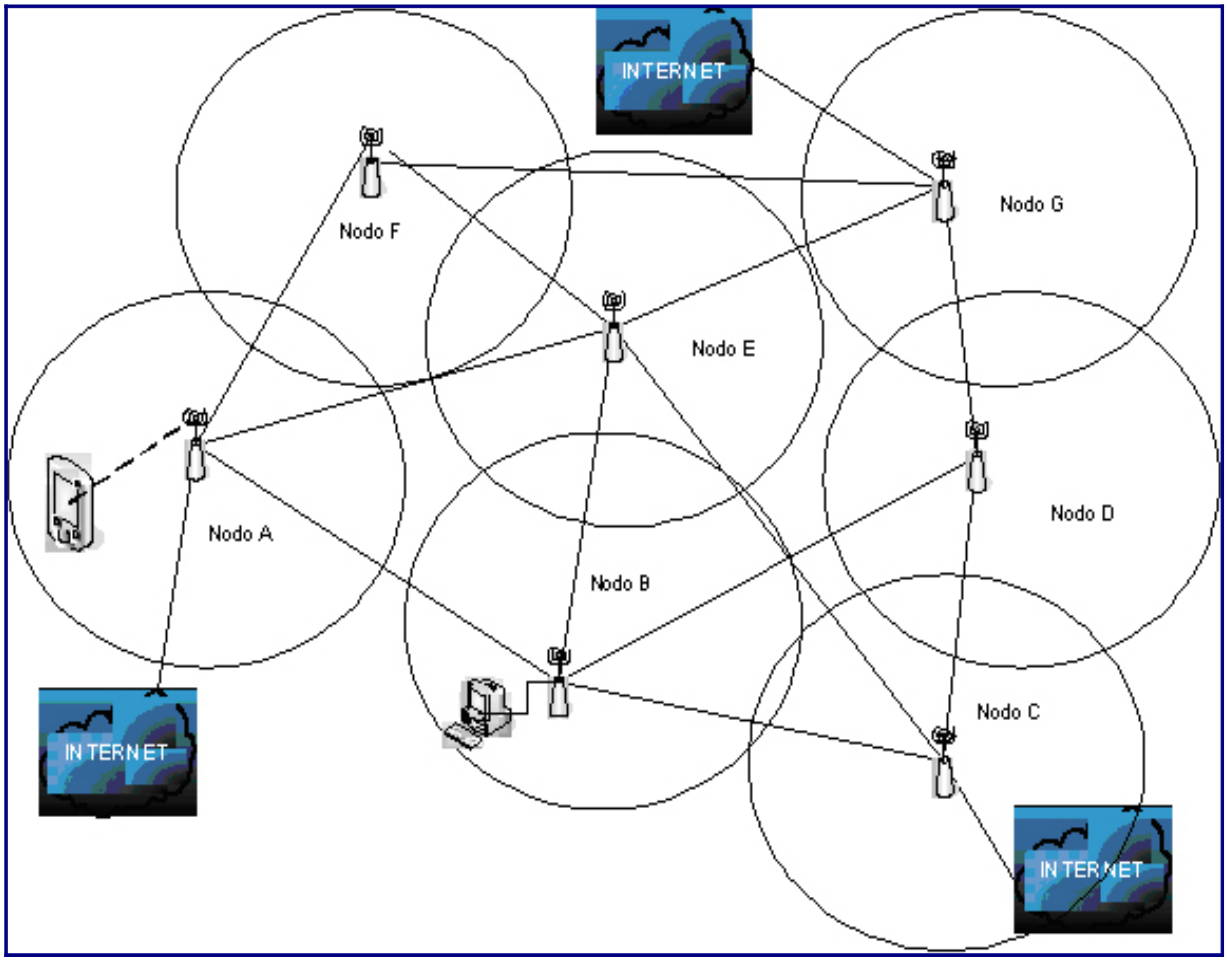


Figura 2: Ejemplo de una mesh.

En la primera, el "testbed" consta de siete nodos, 2 estáticos y otros 5 montados en coches que circulan por todo el campus. Los paquetes se enrutan mediante el protocolo DSR (Dynamic Source Routing) y han experimentado con diferentes tráficos incluso con flujos continuos "stream" de audio y video. En la universidad de Illinois tienen una red multicanal de 4 canales en la que han conseguido un rendimiento " throughput" 2.63 veces superior a una red de un solo canal.



Es muy importante planificar cuidadosamente la asignación de frecuencias de radio, puesto que en caso contrario la señal, debido a las interferencias, sufre un gran deterioro y no se obtiene ninguna mejora en el rendimiento de la red.

Este deterioro es debido a que el medio de acceso del 802.11 utiliza el protocolo CSMA/CA con reconocimiento"ACK" por cada paquete recibido y un tiempo de espera aleatorio ("*back off")*, este protocolo se diseñó para reducir la probabilidad de colisión entre los múltiples intentos de acceso al medio. Las múltiples estaciones están esperando que el medio esté libre y cuando lo está todas las estaciones intentan acceder al mismo tiempo. Por lo tanto se evita que cualquier estación pueda transmitir inmediatamente después que el canal queda desocupado, esperando un cierto intervalo aleatorio para poder minimizar los conflictos de medio. Esto hace que el ancho de banda decrezca si todos los nodos utilizan el mismo canal debido a que intentarán realizar múltiples retransmisiones. Además para tener una comunicación libre sin interferencias de canales vecinos las comunicaciones no deben solaparse en el espectro, manteniendo una distancia de 5 canales, es decir, si un nodo trabaja en el canal 1 el vecino debe trabajar en el 6 para no tener ningún tipo de interferencia. Por este motivo la selección de canal es un aspecto muy importante en la mejora del rendimiento de este tipo de redes.

El objetivo de la práctica es poner en operación el protocolo Pro-Activo OLSR desarrollado para redes móviles en modalidad a*d hoc*, este protocolo intercambia información entre nodos que hablen el mismo protocolo. Los nodos se seleccionan cada vez que intercambia las rutas, bajo el Multipoint Relay (MPR) anunciando periódicamente y actualizando datos entre nodos vecinos para compartir los datos de control.

3. Desarrollo práctico

Referencias: http://www.olsr.org/

Corre en cualquiera de las siguientes plataformas:

- Linux PCs, Windows, Mac OSX, FreeBSD
- Linux PDAs
- OpenWRT
- Metrix AP, placas Soekris.
- Simple de usar e implemantar.
- Usado por el FreiFunk Firmware.

Básicamente el “firmware” de Freifunk es una versión preconfigurada y estable del OpenWRT con una interfaz web. Los siguientes paquetes están preinstalados: "freifunk-webadmin-en", "freifunk-olsrd", "freifunk-upload", "wl", "dropbear" and "iproute2".

Después de la instalación del firmware de Freifunk, telnet es desactivado y el servidor SSH server es iniciado al usar el password en la página web. Ambos (password para el web y para el servidor SSH) son siempre el mismo, y por defecto son "root" (user) y "admin" (password). Una nueva configuración del “firewall” protege la red local 192.168.178.x. La navegación en Internet a través del protocolo OLSR es posible usando NAT (Network Address Translation), donde un HNA4 está activo en el área de cobertura (otra estación anunciando acceso a Internet). Pero como veremos usaremos direccionamiento estático el cual se explicará en el transcurso de la práctica.

Usaremos los equipos Linksys WRT54GL V1.1

Todos los archivos de configuración los encontraran en: http://start.freifunk.net/

http://berlin.freifunk.net/sven-ola/ipkg/_g+gl/

3.1 Procedimiento y configuración de los equipos WAP54G/ WAP54GL/ WAP54GS:

1. Configure su estación de trabajo en la misma subred de los equipos de red, PC, PDA, entre otros.
2. Inspeccione el firmware original del equipo.
3. Preferiblemente instale un firmware que esté seguro que funciona en el equipo, active el “Boot_Wait”, le permitirá recuperar el equipo en caso de falla por problemas de firmware.
4. Descargue de la red el firmware “openwrt-g-freifunk-1.6.7-es.bin” para el WRT54GL V1.1 de la web: http://download-master.berlin.freifunk.net/ipkg/_g%2bgl/
5. Lea siempre los archivos readme y chequee el soporte de hardware.
6. Actualice el firmware a la versión: openwrt-freifunk-1.6.7-es
    a. Actualización del Equipo WRT54GL

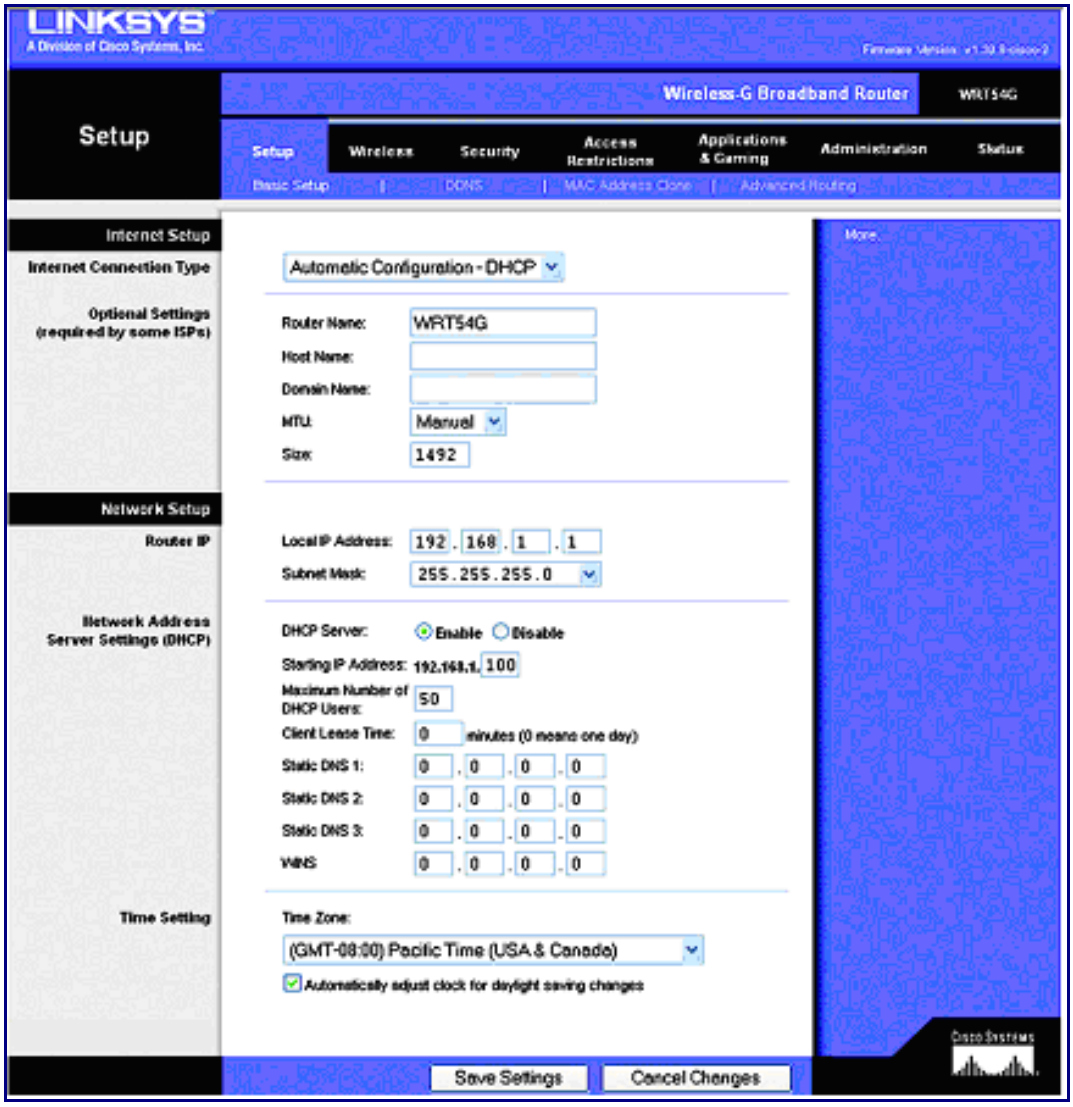


Figura3: Acceso al equipo (dirección defecto 192.168.1.1).

Actualice la dirección IP de cada equipo: 192.168.10.1, 2, 3, 4, 5 y 6.

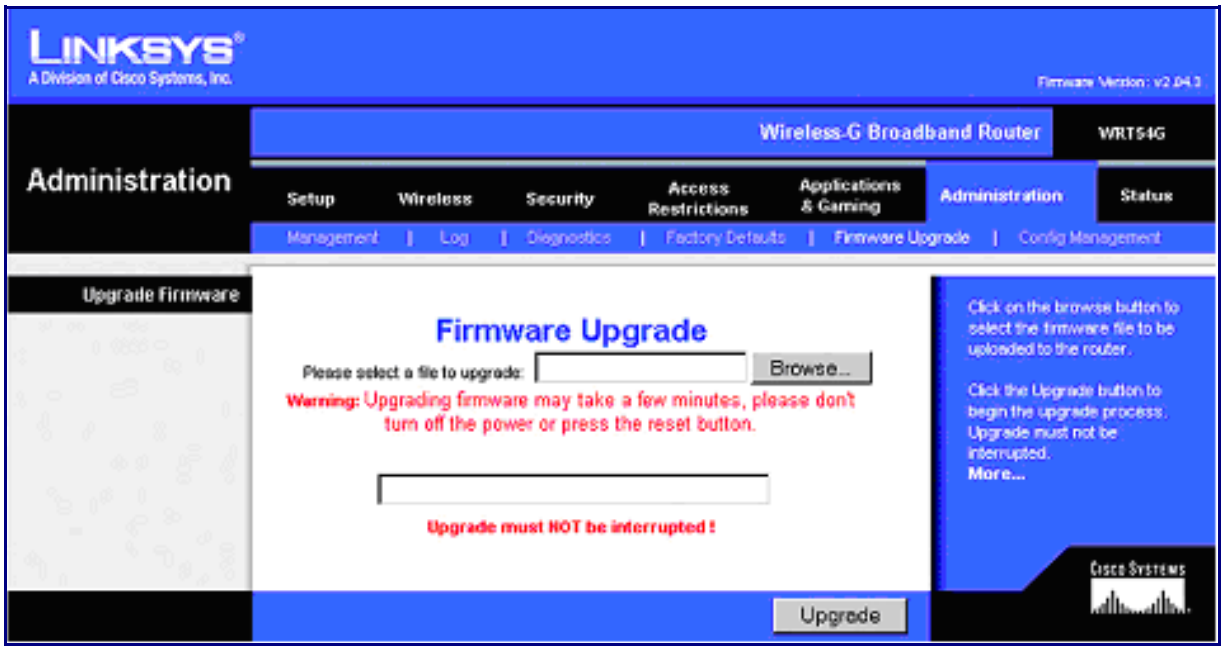


Figura 4: Acceso a actualizar el Firmware, localice y cargue el archivo binario.



Figura 5: Firmware Actualizado

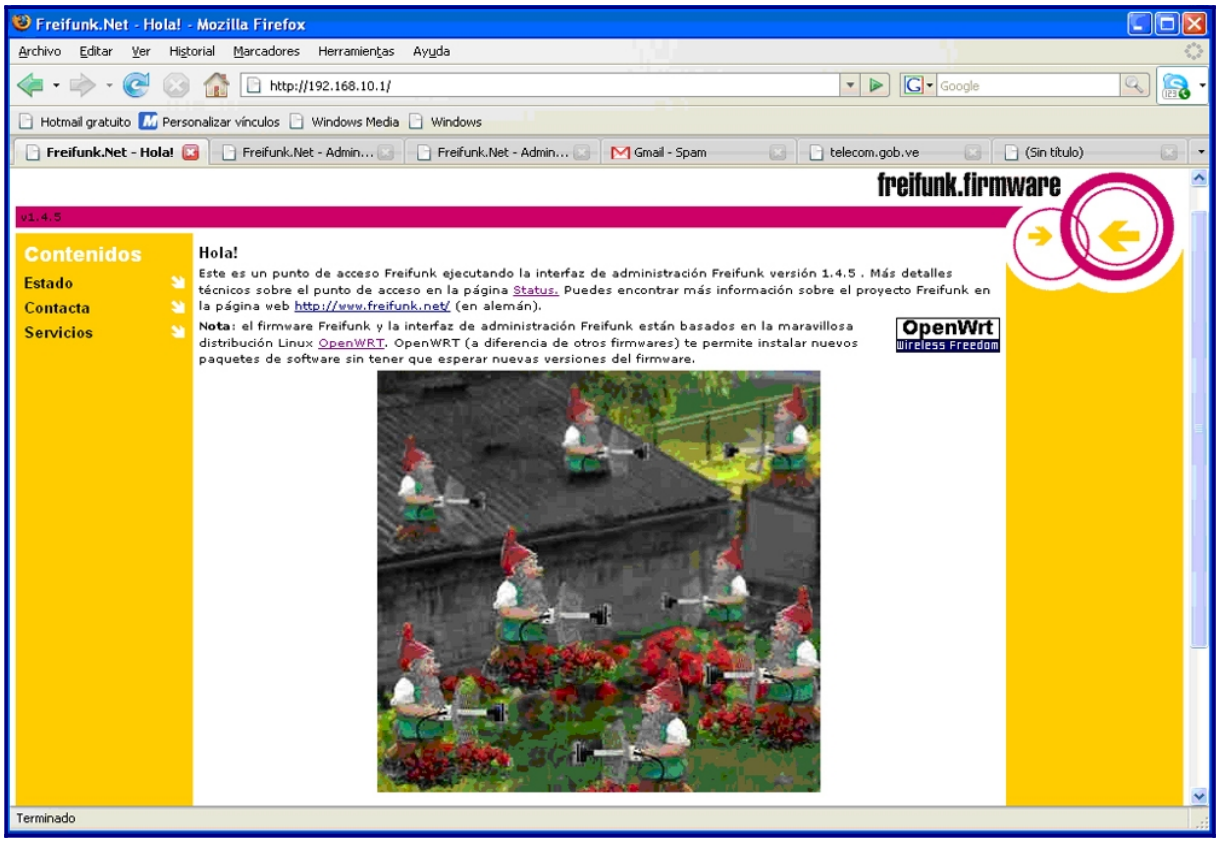


Figura 6: Una vez cargado el firmware.

Equipo WAP54G Actualizado con el Freifunk Firmware

Configurando de la red:

Debe entrar como “super usuario”:

http://192.168.10.x

Login: root

Password: admin

Como verán en la topología del laboratorio:

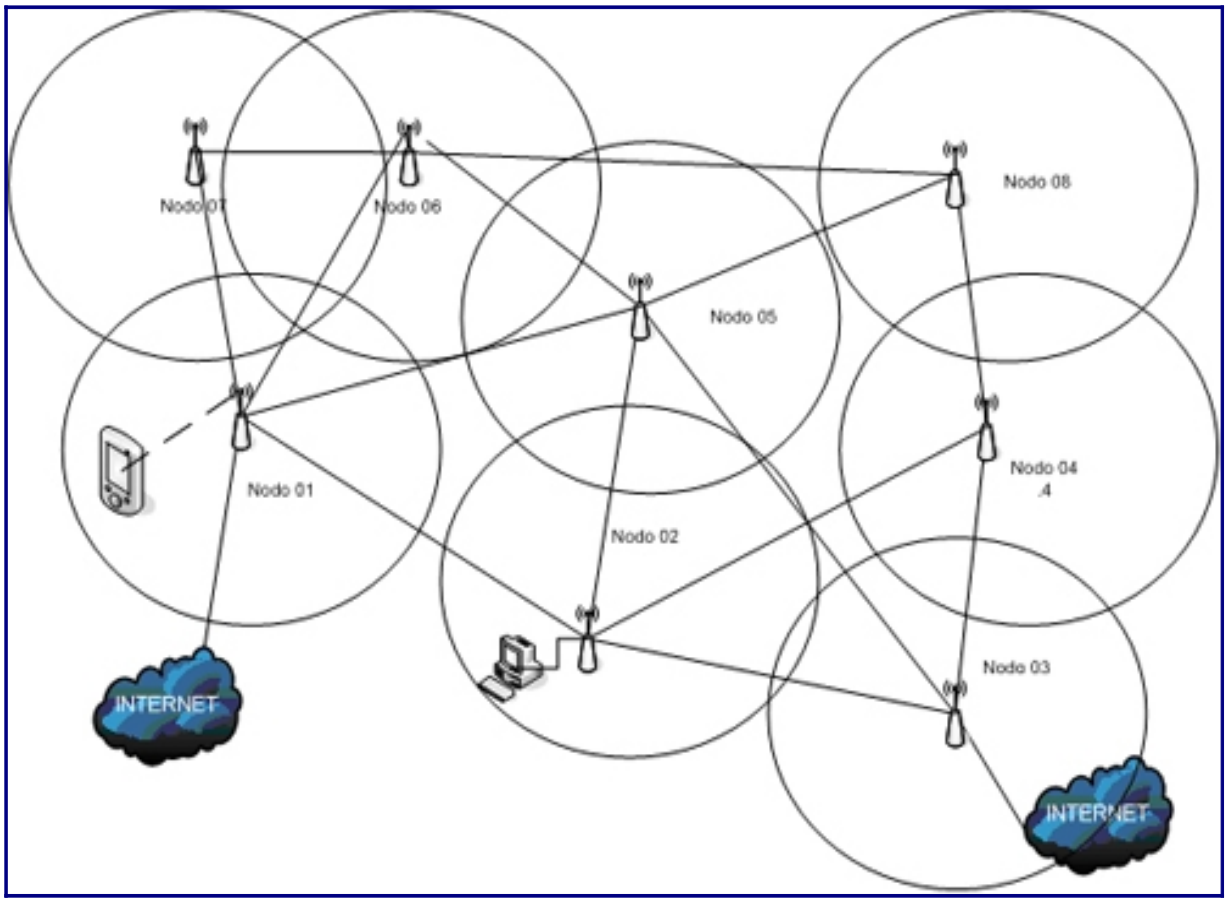


Figura 7: Topologia del Laboratorio

Ubíquese en la pantalla respectiva siguiendo al instructor y a los ayudantes del laboratorio.

Modo de operacion: Ad-Hoc.

Channel: 06.

essid: mesh

Configure su IP address: 192.168.10.0/24

El nombre de cada nodo corresponderá a Nodo 1, Nodo 2, Nodo 3, Nodo 4 hasta Nodo 6.

Protocolo WAN: OLSR

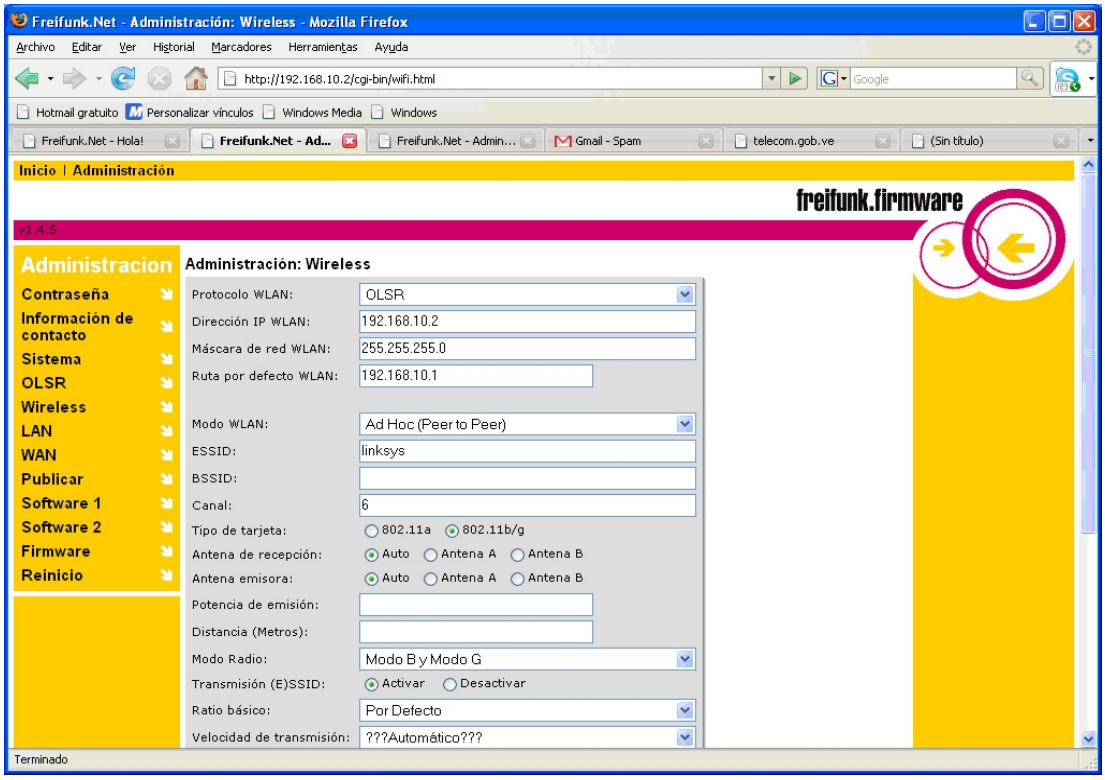


Figura 8: Ventana de adiministración wireless.

Luego de configurar el nodo deberá configurar el *Gateway* simplemente asignando la dirección IP de la puerta de Enlace en el equipo respectivo o en las estaciones de trabajo.

Recuerde que no es recomendable usar DHCP en la red por las brechas de seguridad de las redes inalámbricas.

Nodo	Dirección IP	Equipo
Nodo 1	192.168.10.1	WAP54GL
Nodo 2	192.168.10.2	WAP54GL
Nodo 3	192.168.10.3	WAP54GL
Nodo 4	192.168.10.4	WAP54GL
Nodo 5	192.168.10.5	WRT54GL
Nodo 6	192.168.10.6	WRT54GL
Estación 01	192.168.10.11	
Estación 02	192.168.10.12	
Estación 03	192.168.10.13	

Tabla 1.

Grabe sus cambios y verifique conectividad entre nodos:

- ping 192.168.10.1

- ping 192.168.10.2, …, 6.

Una vez verificado el estado de enlaces, estudie con el instructor de la práctica el significado del enrutamiento, estado de enlace y distribución de tablas en cada equipo.

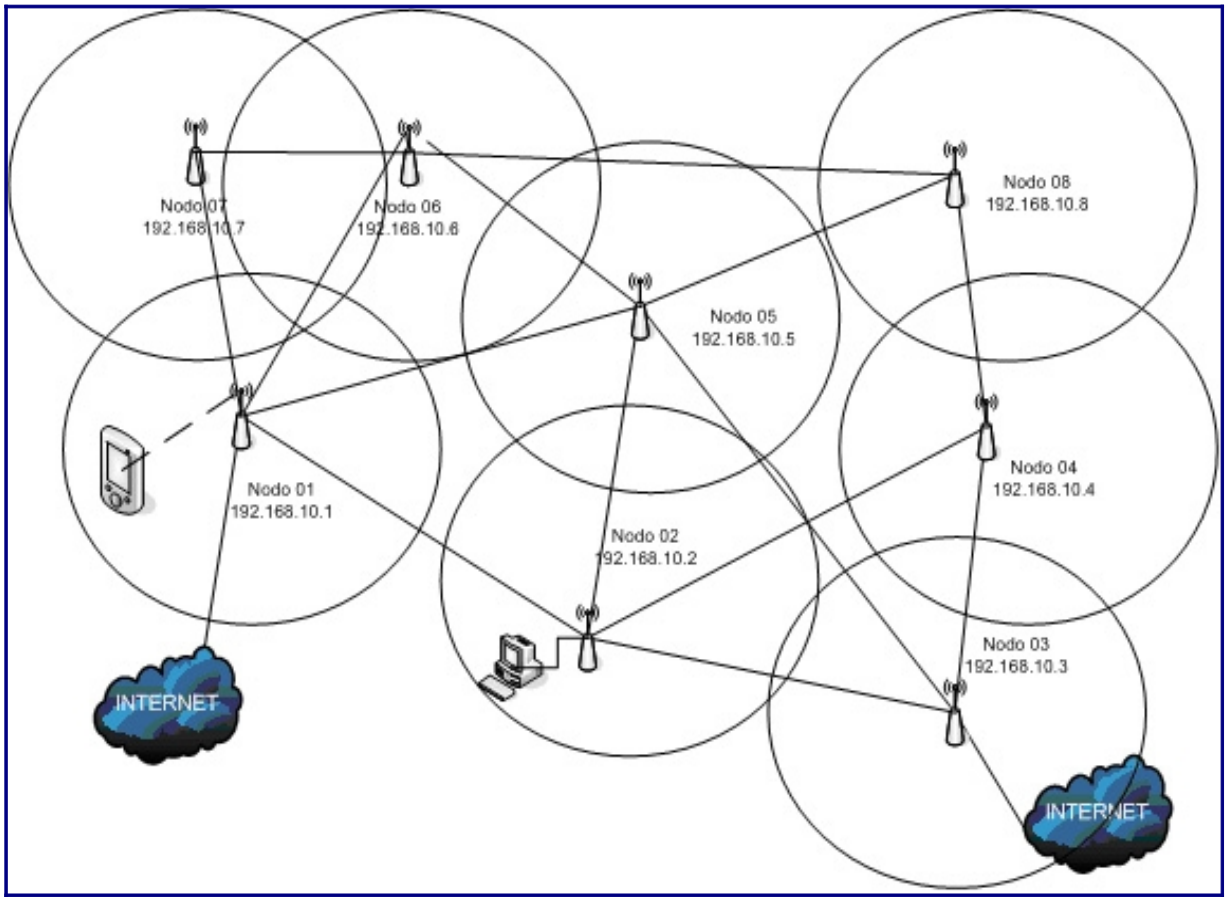


Figura 9: Topología de laboratorio y sus direcciones IP

Configurando los equipos WRT54G: como hemos discutido, los WRT54G (V1 – V4) y WRT54GL indistintamente la versión (V1.0 y V1.1) se pueden cambiar los firmware originales de Linksys (www.linksys.com) por distintas distribuciones de software open source.

Procedimiento configuración de los WRT54GL:configure su estación de trabajo en la misma subred de los equipos de red, PC, PDA, entre otros.

Luego actualizado se deberá configurar cada uno de los parámetros en la red inalámbrica tal como se sugirió anteriormente.

Posteriormente al reinicio aparecerá la pantalla de inicio y podrá verificar el estatus de cada uno de los parámetros intrínsecos al OLSR como se vera en la practica guiada por el instructor.

Para ver el estatus del OLSR

Ubíquese en el estatus del OLSR y veamos el estado del OLSR. Entonces veríamos lo siguiente:

Configuración de la red mesh:

Firmware: Open Freinkfunk, versión; 1.6, archivo: openwrt-g-freifunk-1.6.7-es.bin

Canal: 1, 6, o 11.

ESSID: mesh.

Se tiene 1 nodo gateway OLSR y 6 o más nodos de acceso mesh OLSR.

IP WLAN: 192.168.10.0/24

LAN: DHCP en el cliente, en el nodo dependerá: nodo1 192.168.1.1, nodo2 192.168.2.1, nodo3 192.168.3.1, etc.

En el nodo Gateway tenemos DHCP asignado por la WAN.

El instructor guiará la práctica, siga paso a paso el desarrollo de la misma.

Se configura en esta guía: 1 Nodo Gateway y 2 Nodos Clientes.

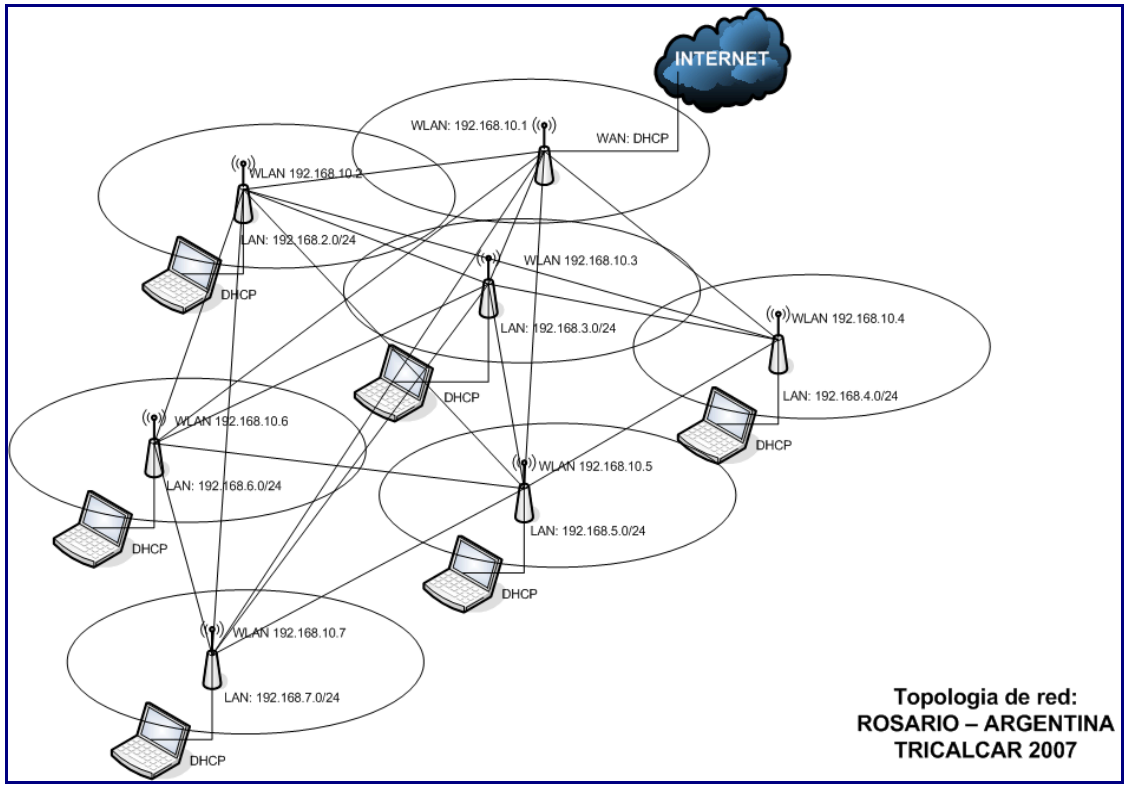


Figura 10: Topología de red: Rosario Argentina. TRICALCAR 2007

Configuración de nodo router

- **Sistema:**

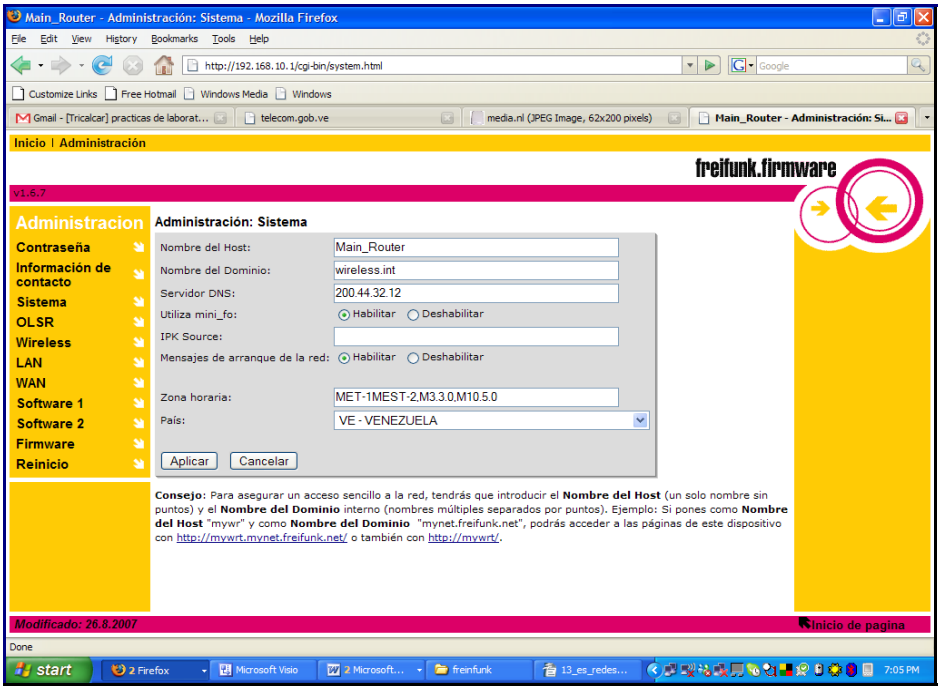


Figura 11: Administración

- **Configurando OLSR**

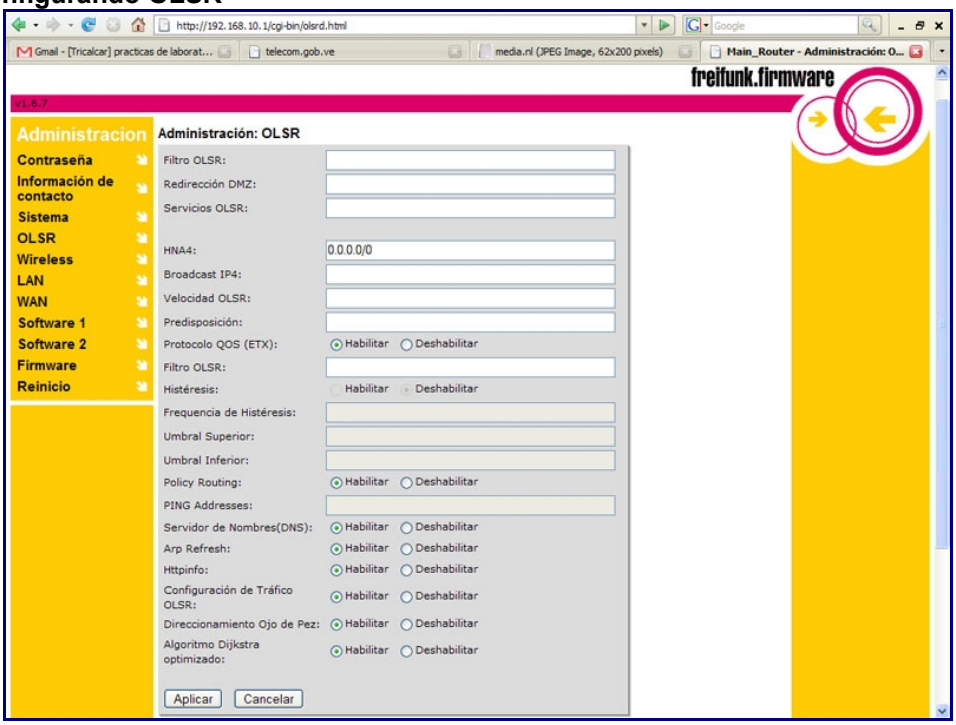


Figura 12: Configuración HNA4 en el router principal, red HNA4: 0.0.0.0/0

- **Configuración de la red wireless:**

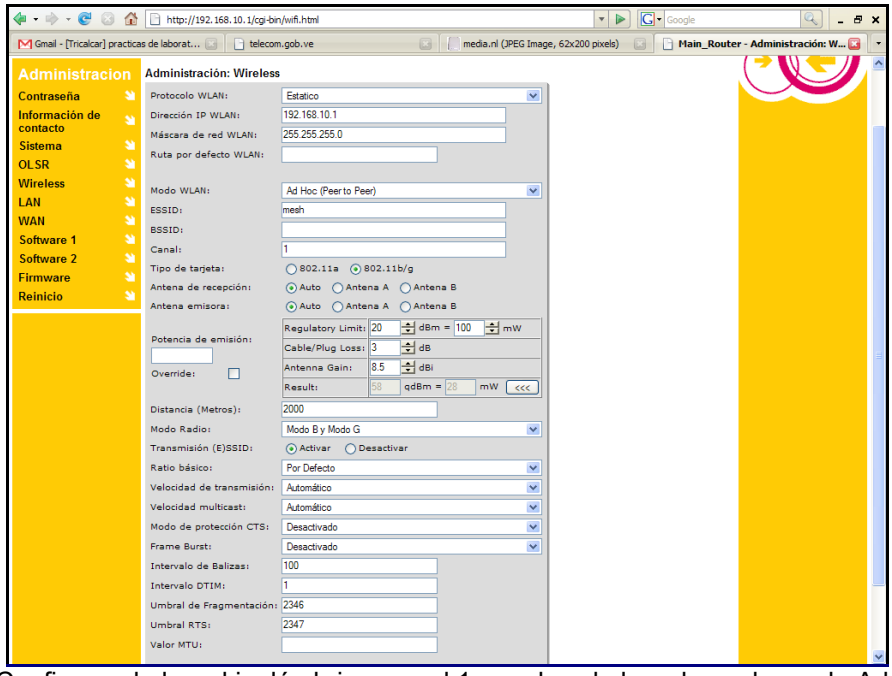


Figura 13: Configurando la red inalámbrica, canal 1, nombre de la red: mesh, modo Ad-Hoc, tarjeta 802.11 b/g.

- Configurando la red LAN:

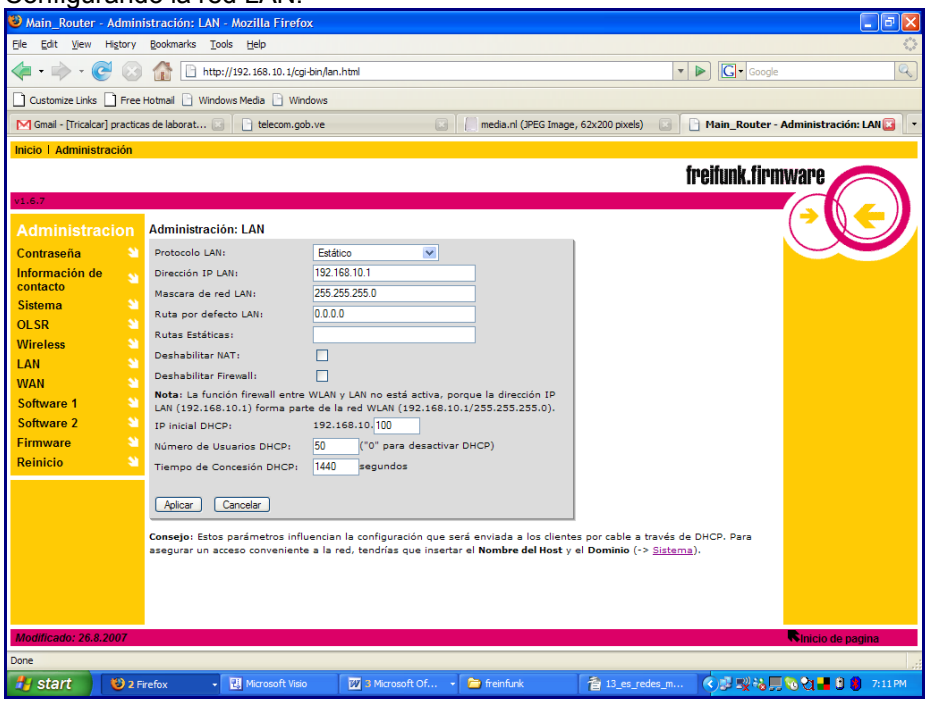


Figura 14: Configurando la red LAN en el nodo router o nodo gateway para ofrecer interconexión local.

- Configurando la red WAN en el nodo Gateway:

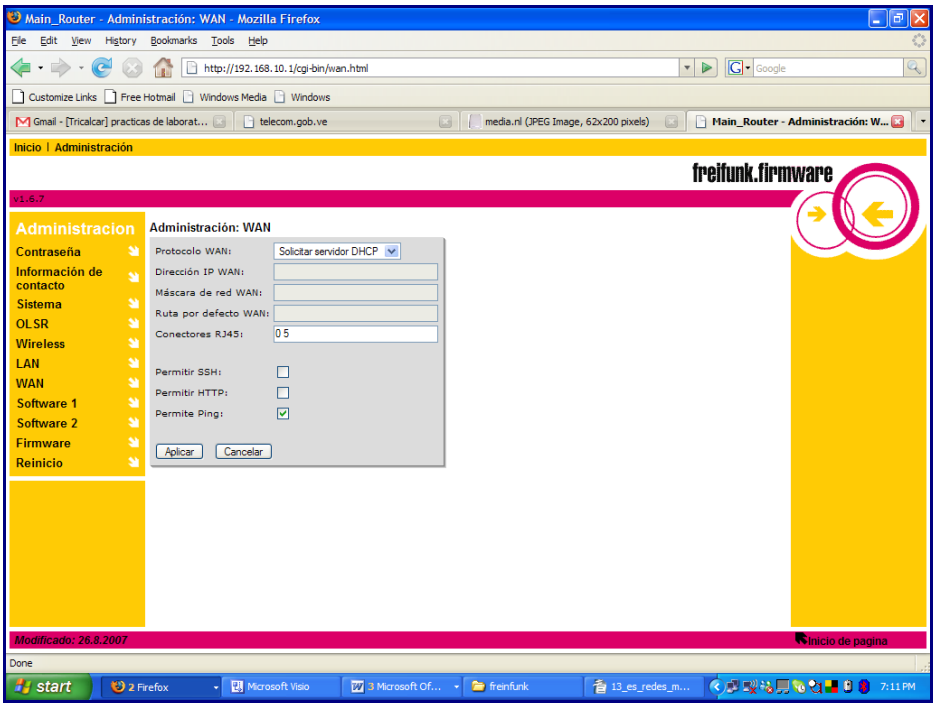


Figura 15: Nodo Gateway

- Verificando Estatus OLSR:

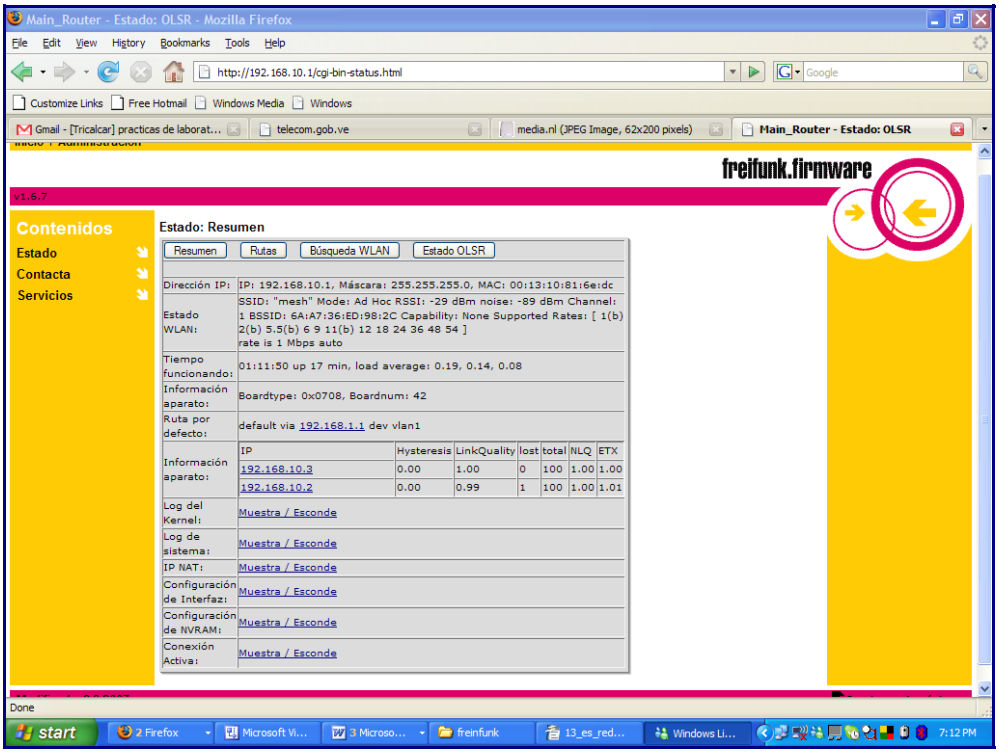


Figura 16: Estatus OLSR

- Verificando rutas, rutas aprendidas a través del OLSR en el gateway:

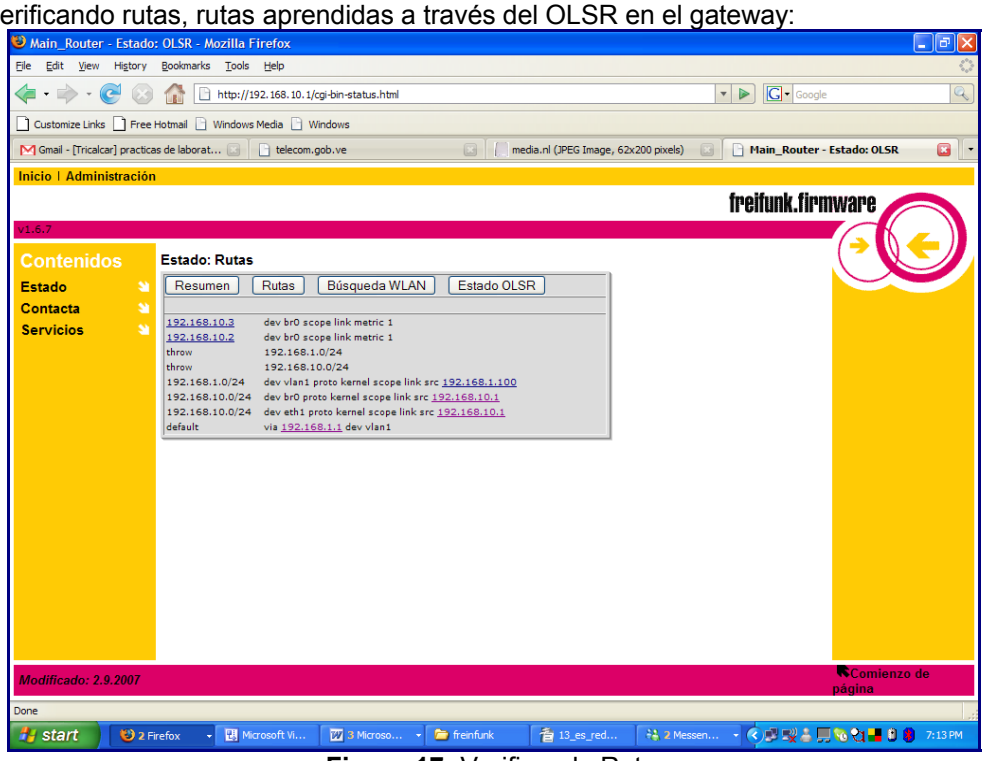


Figura 17: Verificando Rutas

- Verificando estado de OLSR:

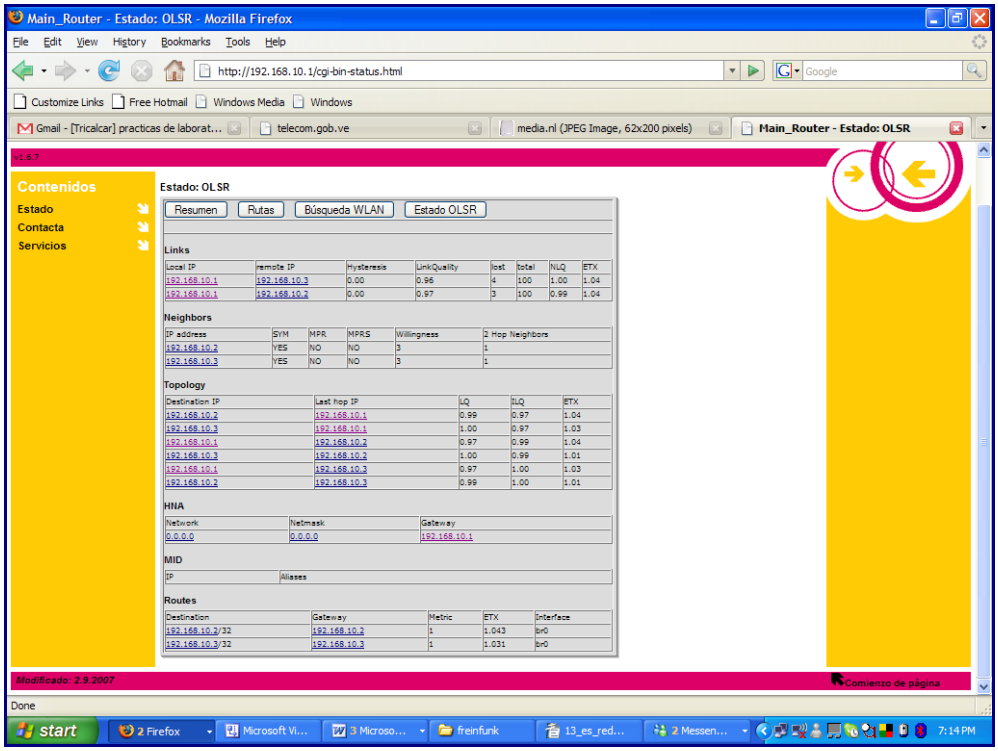


Figura 18: Estado de OLSR

Equipo Cliente 2

1. Configurando un nodo cliente (cliente 2):

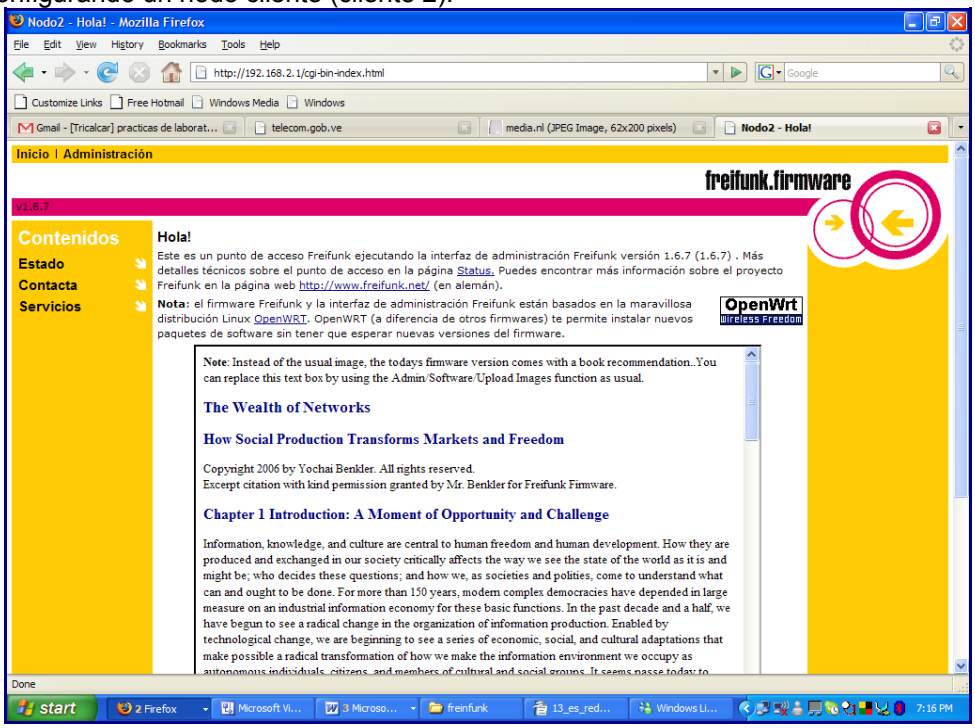


Figura 19: Configuración de Nodo Cliente

2. Sistema Nodo2:

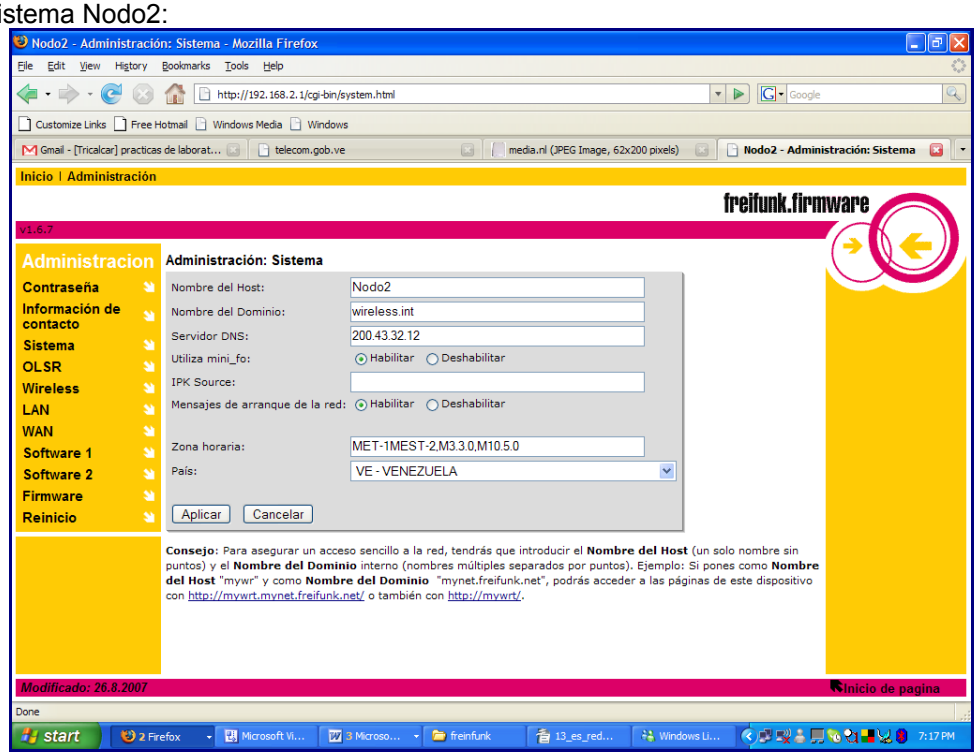


Figura 20: Administranción Sistema

3. Configurando OLSR en el nodo:

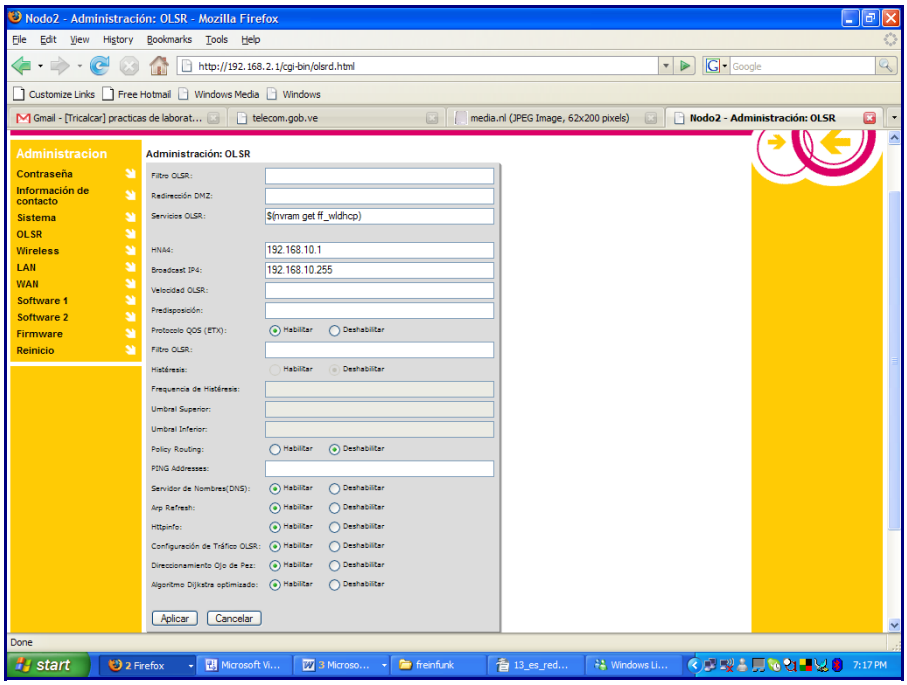


Figura 21: Configuración del OLSR

Nota: el router es el 192.168.10.1 (dirección correspondiente al Nodo Router)

4. Configurando la red wireless:

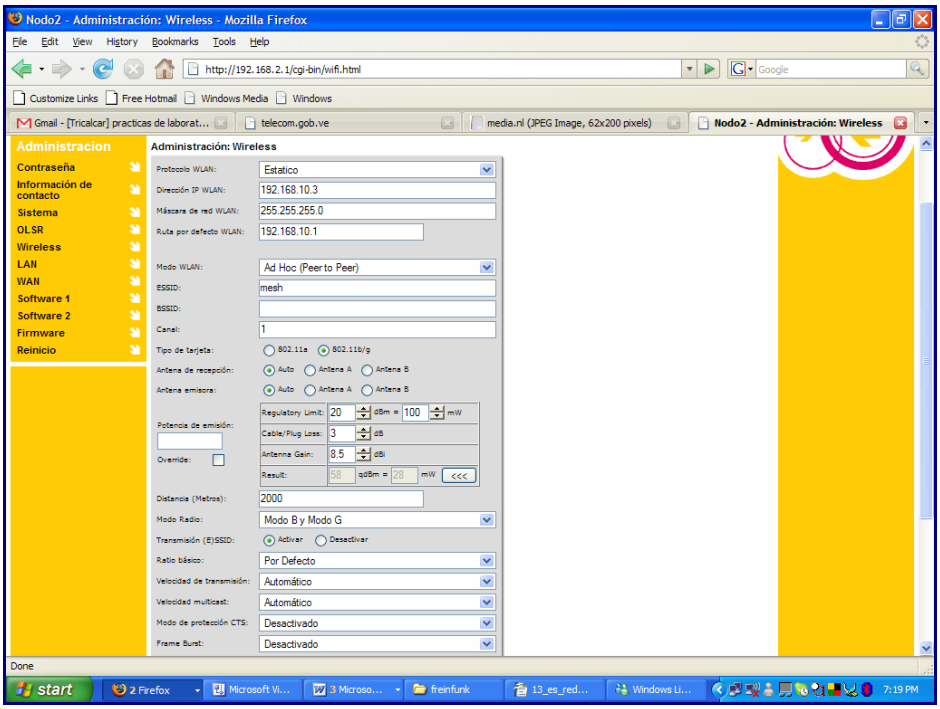


Figura 22: Configuración la red wireless

5. Configurando la red LAN en el cliente 2:

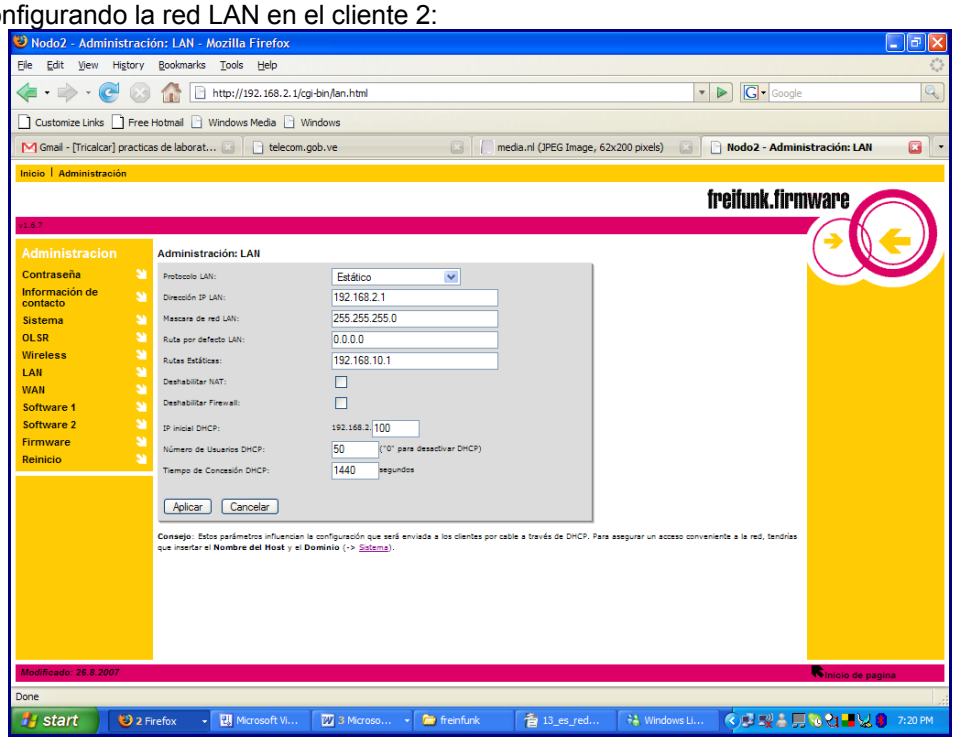


Figura 23: Configuración de red LAN

Nota: este nodo es un router, configure la interfaz como tal. El instructor guiará la práctica.

6. Configurando la WAN: Deshabilitada.

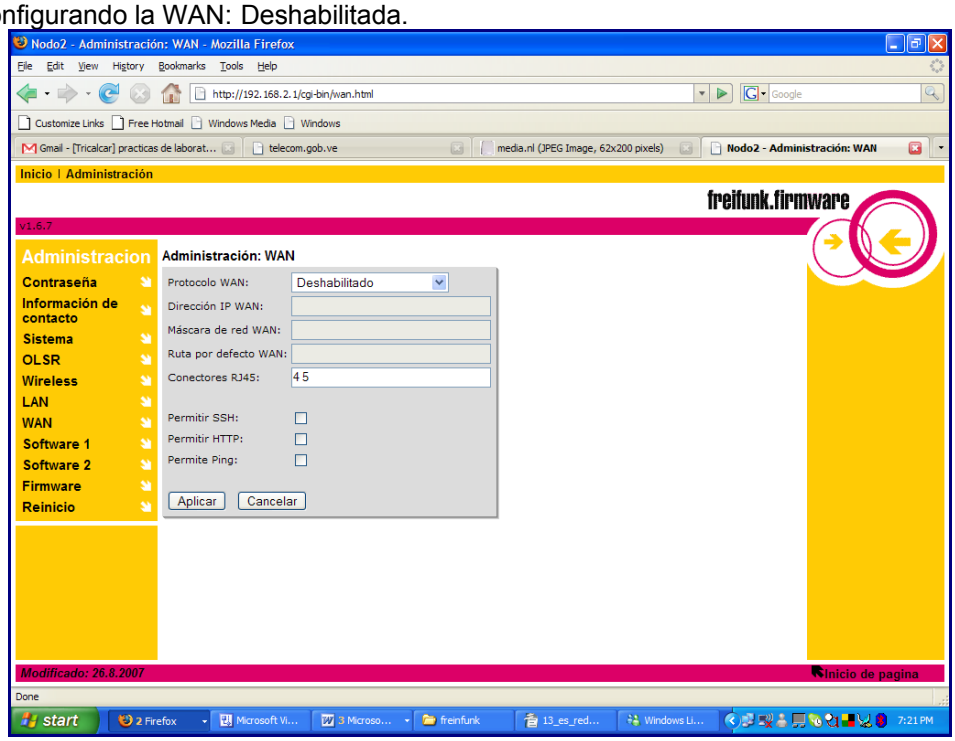


Figura 24: Configuración de la WAN

7. Verificando la conectividad y la asociación con los nodos vecinos (protocolo OLSR)

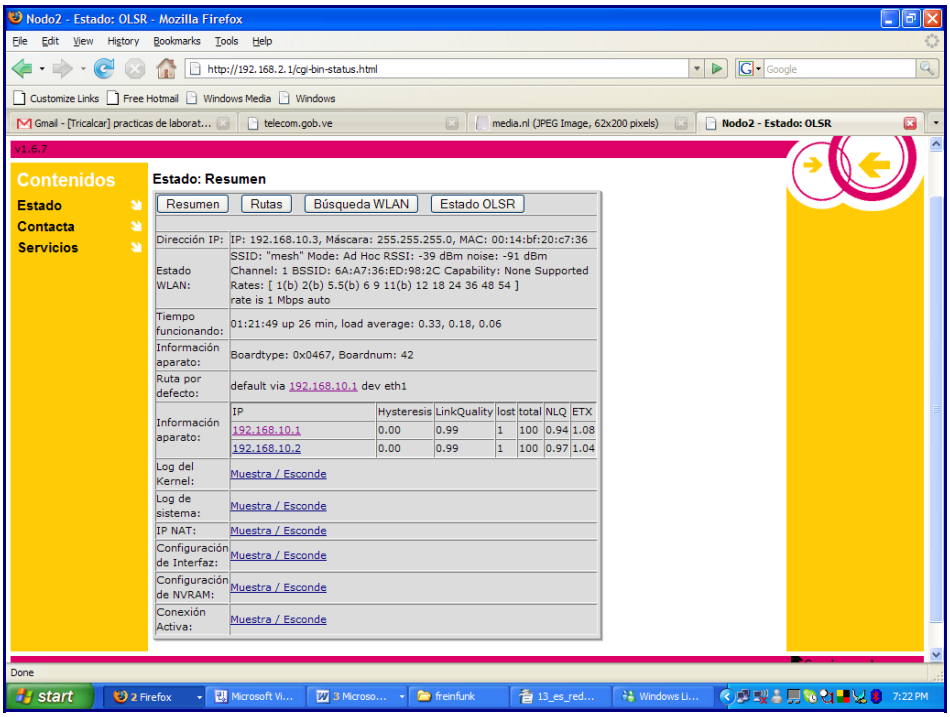


Figura 25: Conectividad y asociación

8. Rutas aprendidas:

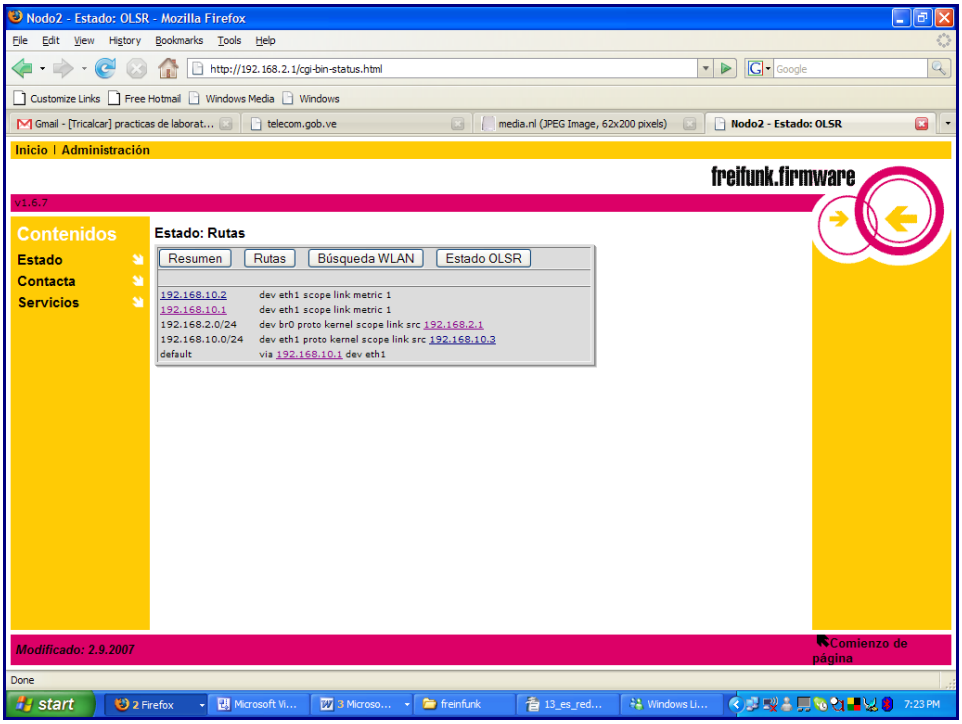


Figura 26: Rutas aprendidas

9. Estado OLSR del nodo2.

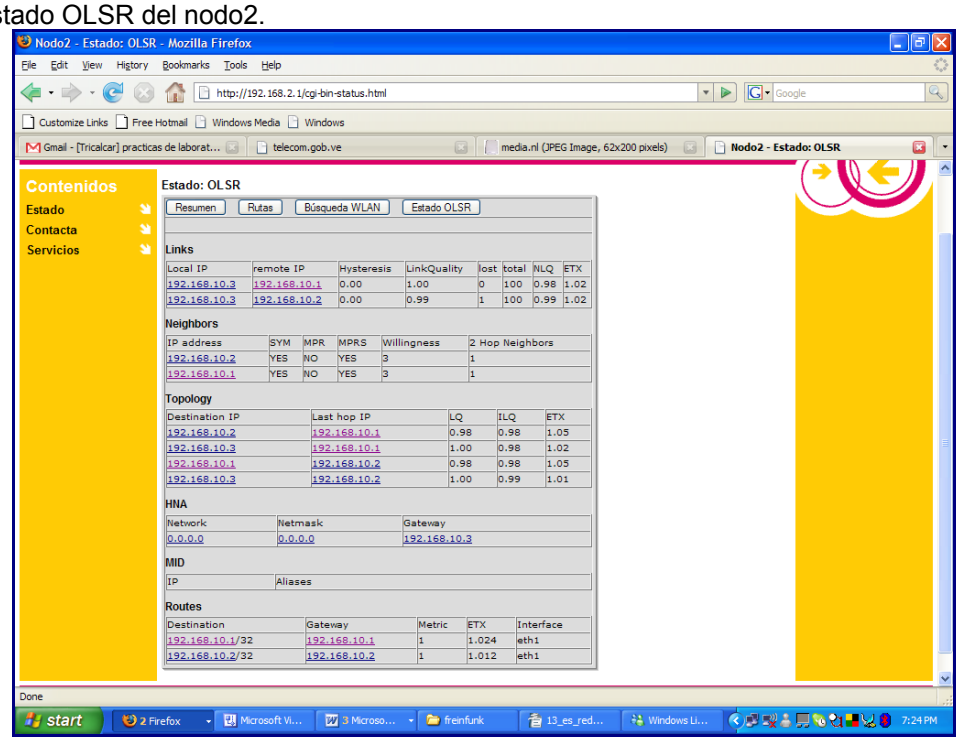


Figura 27: Estado OLSR

Nodo Cliente 1

1. Sistema, Nodo1

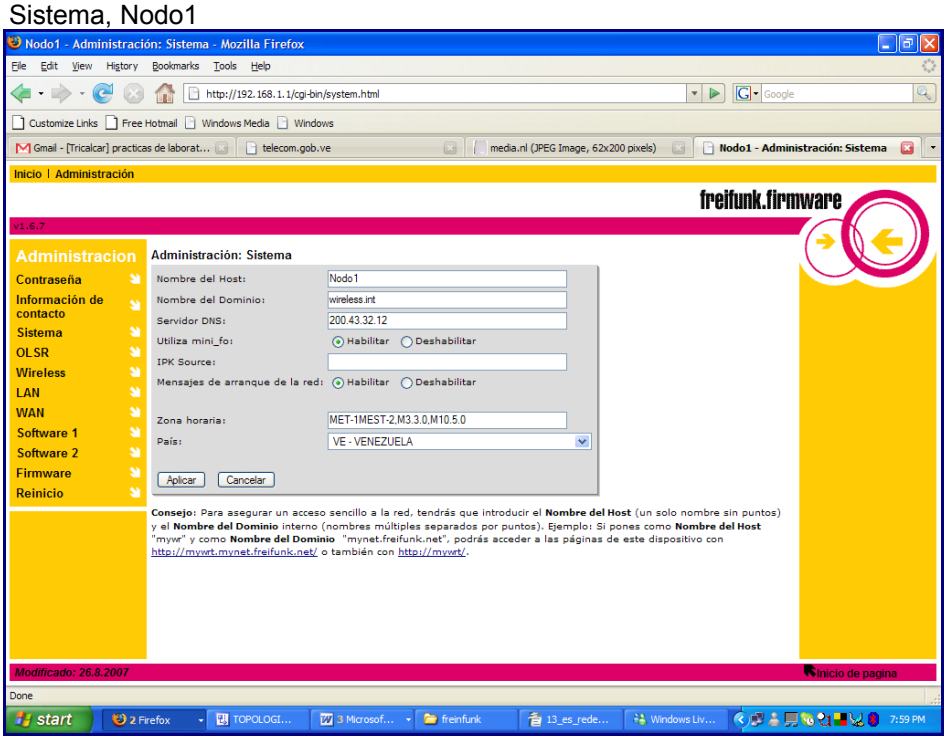


Figura 28: Sistema

2. Configuración de OLSR

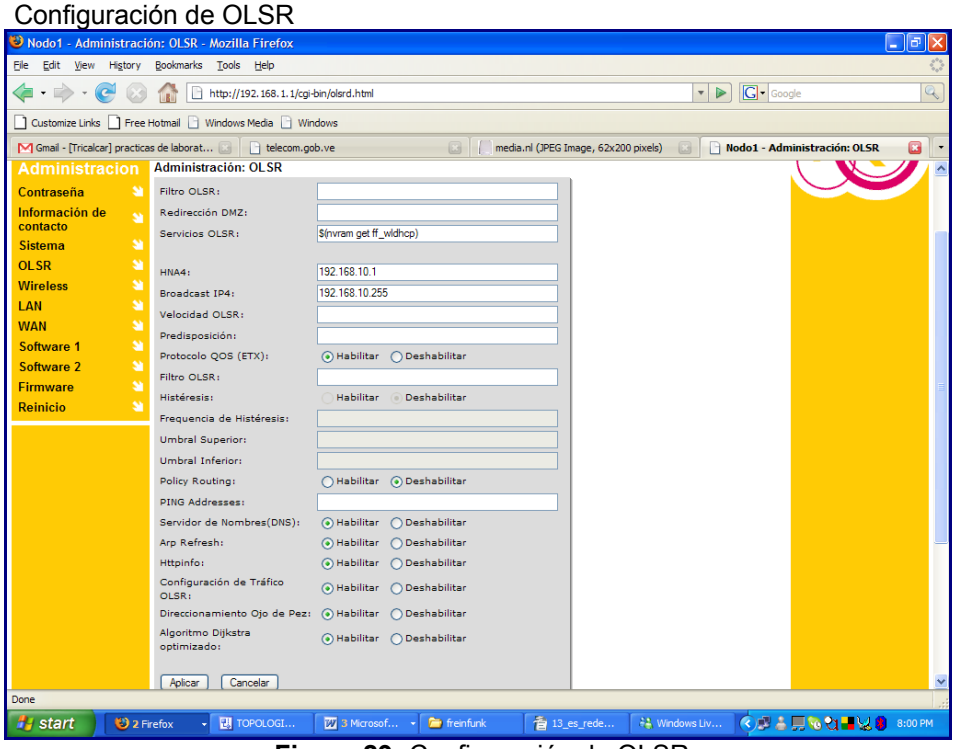


Figura 29: Configuración de OLSR

3. Configuración Wireless OLSR

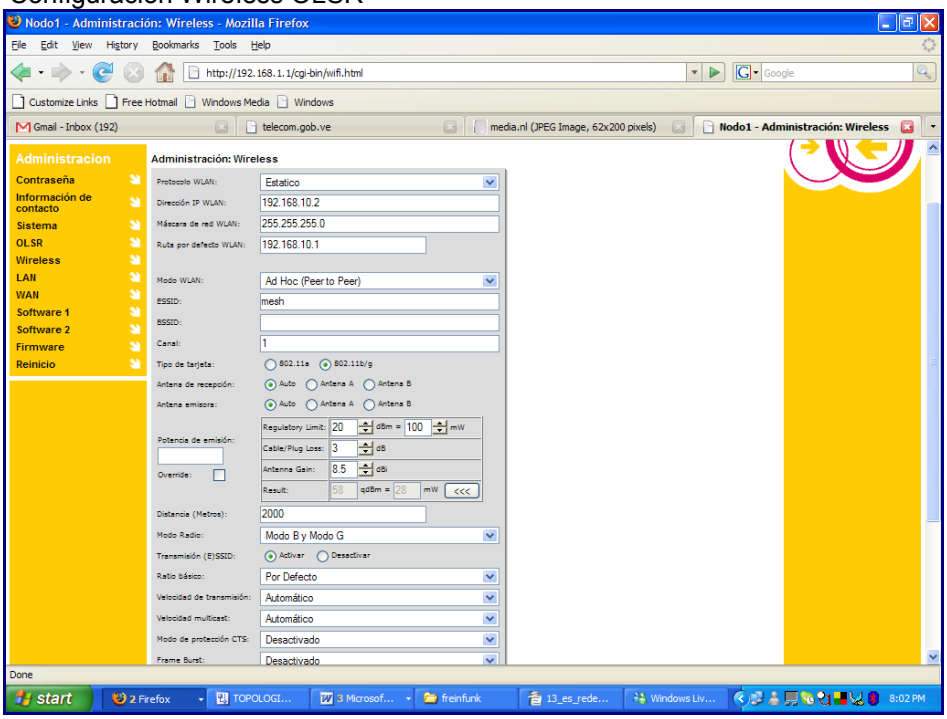


Figura 30: Configuración Wireless OLSR

4. Configuración de la red LAN

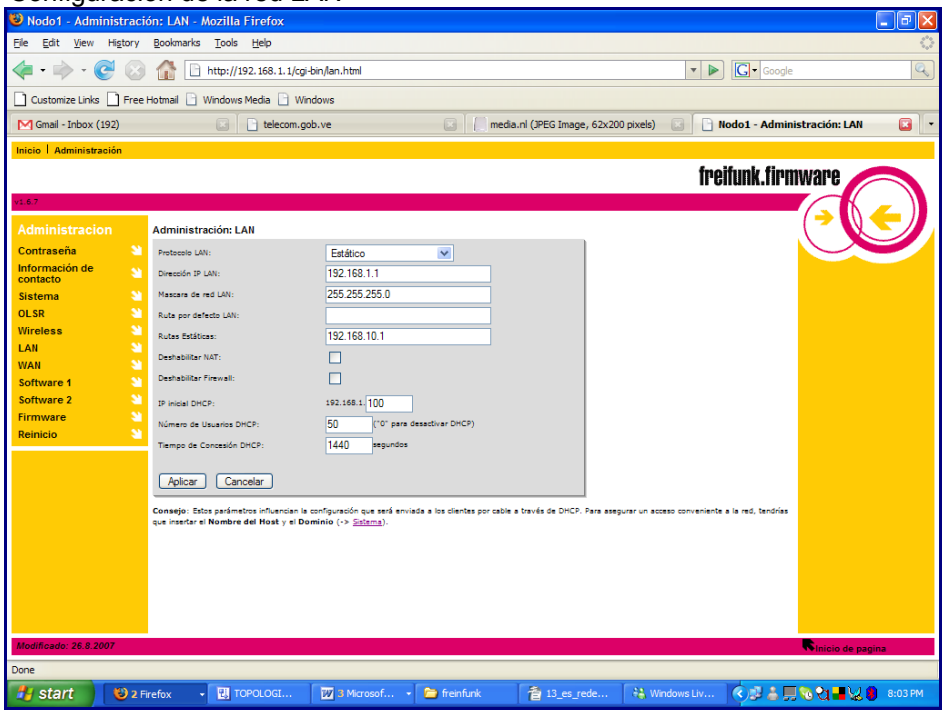


Figura 31: Configuración de la red LAN

5. Configuración de la interfaz WAN OLSR:

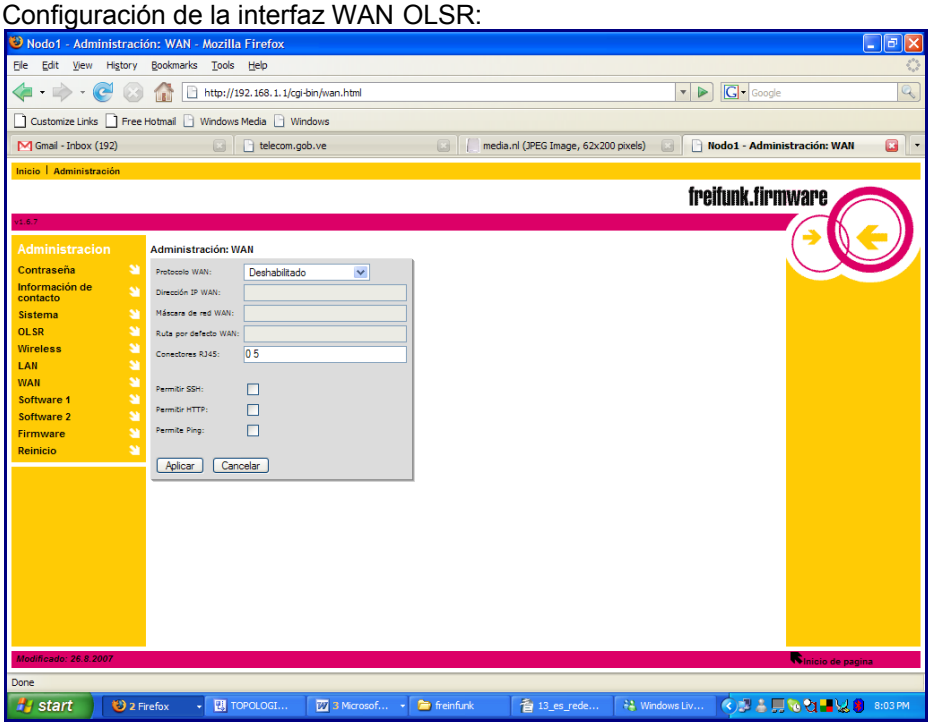


Figura 32: Configuración de la interfaz WAN OLSR

6. Estado OLSR:

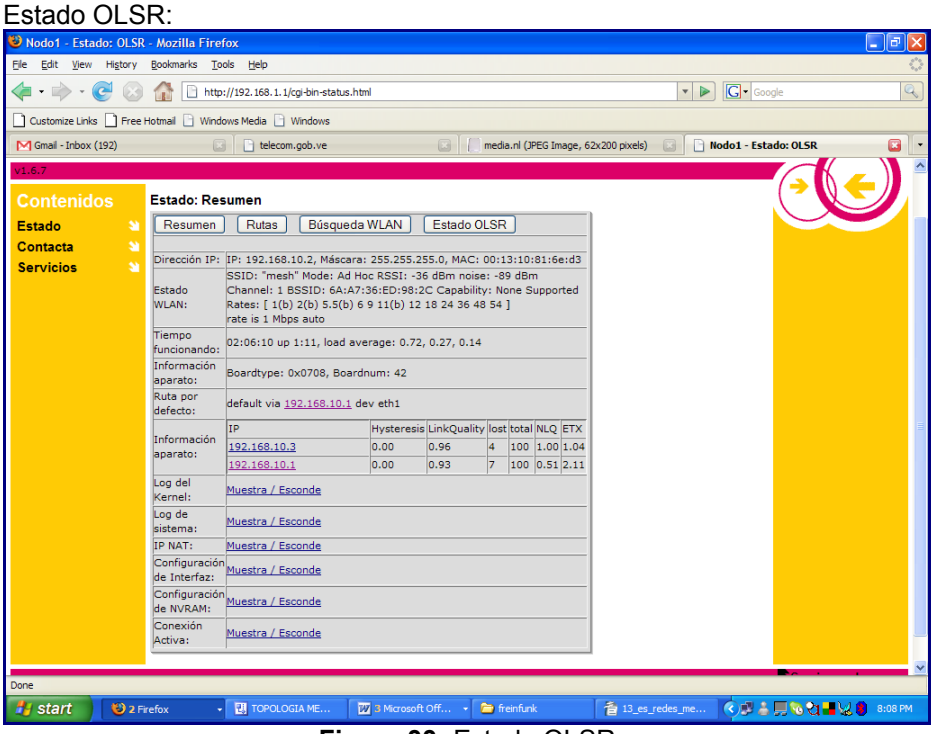


Figura 33: Estado OLSR:

7. Rutas OLSR aprendidas:

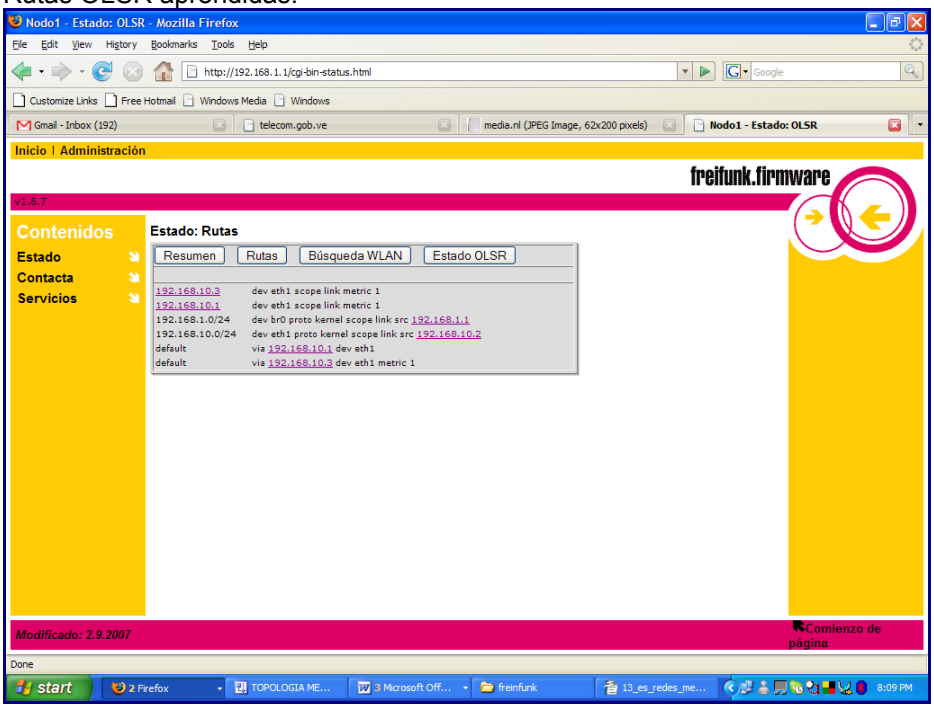


Figura 34: Rutas OLSR

8. Estado OLSR:

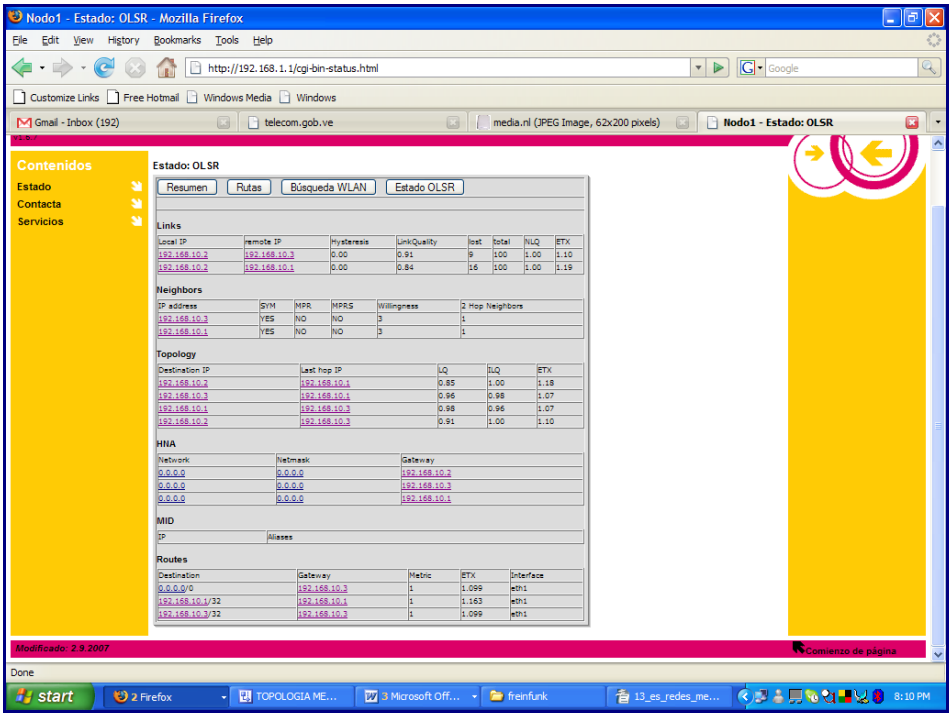


Figura 35: Estado OLSR

4. Referencias bibliográficas:

www.ictp.it

www.linksys.com

www.olsr.org

www.openwrt.org

www.wilac.net

http://en.wikipedia.org/wiki/Ad_hoc_protocol_list

http://hipercom.inria.fr/olsr/#intro

http://freifunk.net

http://www.walc2005.ula.ve/taller1.html (AODV Mesh Networks).

5. Anexo

5.1 Configurando una estación con LINUX

Verifique que la parte inalámbrica de la tarjeta WiFi ha sido configurada de manera que tenga una conexión *ad hoc* con otros nodos *mesh* dentro del rango directo (salto único). Asegúrese de que la interfaz usa el mismo canal inalámbrico, el mismo nombre de red inalámbrica - *(ESSID*- Extended Service Set IDentifier) y tienen la misma *Cell-ID* (Identificación de la Célula) que todas las otras tarjetas WiFi que conforman la malla. Muchas tarjetas WiFi o sus respectivos *drivers* no actúan de acuerdo al estándar 802.11 para redes *ad-hoc* y por lo tanto no pueden conectarse a una celda. Por otro lado pueden ser incapaces de conectarse con otros dispositivos en la misma tabla, aún si están configurados con el canal y el nombre de la red inalámbrica correctos. Incluso pueden confundir otras tarjetas que se comportan de acuerdo al estándar creando su propio Cell-ID en el mismo canal y con el mismo nombre de red inalámbrica. Las tarjetas WiFi hechas por Intel que son distribuidas en Notebooks Centrino tienen esta falla.

Para comprobar esto puede utilizar el comando **`iwconfig`** cuando utiliza Linux GNU. Aquí están lo resultados de mi computadora:

```
Eth0    IEEE 802.11b  ESSID:"Eslared2006"
  Mode:Ad-Hoc  Frequency:2.457 GHz  Cell:02:00:81:1E:48:10
  Bit Rate:2 Mb/s   Sensitivity=1/3
  Retry min limit:8   RTS thr=250 B   Fragment thr=256 B
  Encryption key:off
  Power Management:off
  Link Quality=1/70  Signal level=-92 dBm  Noise level=-100 dBm
  Rx invalid nwid:0  Rx invalid crypt:28  Rx invalid frag:0
  Tx excessive retries:98024 Invalid misc:117503 Missed beacon:0
```

Es importante configurar el valor umbral “RTS” -Request To Send –adecuado al funcionamiento en malla, para mitigar el efecto de las colisiones entre las transmisiones de los nodos del mismo canal. RTS/CTS establece un procedimiento antes de la transmisión de cada paquete para estar seguro de que el canal está libre. Esto implica una sobrecarga, pero incrementa las prestaciones en el caso de nodos ocultos – ¡y éstos son inherentes en una mesh! Este parámetro establece el tamaño del paquete más pequeño (en bytes) para el cual el nodo invoca RTS.

La fragmentación permite dividir un paquete IP en una ráfaga de paquetes más pequeños transmitidos. Si bien implica una sobrecarga, en un medio ambiente ruidoso esto reduce la penalización por los errores y le permite a los paquetes atravesar ráfagas de interferencia. Las redes *mesh* son muy ruidosas porque los nodos utilizan el mismo canal y por lo tanto las transmisiones están predispuestas a interferir unas con otras. Este parámetro configura el tamaño máximo antes de que un paquete de datos sea dividido y enviado en una ráfaga –un valor igual al tamaño máximo del paquete IP deshabilita el mecanismo, por lo tanto el umbral de fragmentación debe ser menor que el tamaño del paquete IP. Se recomienda utilizar el umbral de fragmentación.

Una vez que se asigna una dirección IP válida y una máscara de red, y que la interfaz inalámbrica está funcionando, el archivo de configuración de olsr debe ser cambiado para que éste encuentre y utilice las interfaces sobre las cuales debe trabajar.

6. Resumen

1. Se deberá tener instalada la tarjeta inalámbrica adecuadamente en la estación de trabajo, en la practica N1 se pudo ver como se configura una estación de trabajo.
2. Luego ya configurada se deberá descargar de la pagina web de OLSR (www.olsr.org) el archivo (http://www.olsr.org/releases/0.4/olsrd-0.4.10.tar.bz2 de: http://www.olsr.org/index.cgi?action=download)
3. configurar la interfaz:

#ifconfig eth0 192.168.178.21 255.255.255.0

#iwconfig eth0 essid “Eslared2006” channel 6 mode Ad-Hoc rts 256 frag 256

#olsr –d 2

El resultado debe ser algo similar a:

--- 20:31:26.50 ---------- DIJKSTRA

192.168.10.1:1.03 (one-hop)

192.168.10.2:1.03 (one-hop)

192.168.10.3:1.03 (one-hop)

--- 20:31:26.50 ---------- LINKS

IP address hyst LQ lost total NLQ ETX

192.168.10.1 0.000 1.000 0 20 0.969 1.03

192.168.10.2 0.000 1.000 0 20 0.984 1.02

192.168.10.3 0.000 1.000 0 20 0.969 1.03

--- 20:31:26.50 ---------- NEIGHBORS

IP address LQ NLQ SYM MPR MPRS will

192.168.10.1 1.000 0.969 YES YES YES 3

192.168.10.2 1.000 0.984 YES YES YES 3

192.168.10.3 1.000 0.969 YES YES NO 3

--- 20:31:26.50 ---------- TOPOLOGY

Source IP addr Dest IP addr LQ ILQ ETX

192.168.10.1 192.168.10.2 1.000 0.973 1.03

192.168.10.2 192.168.10.1 1.000 1.000 1.00

192.168.10.3 192.168.10.2 1.000 1.000 1.00

De esta manera se puede apreciar la topología, los nodos vecinos, sus direcciones IP entre otros datos que pueden ser relevantes para cada uno de los usuarios. Lo más importante es la topología y las rutas de la red.

6.1 Configuración bajo Windows de un nodo

Se debe descargar del sitio web www.olsr.org el driver respectivo para ser ejecutado en el computador con Windows XP, Windows 98, SE, ME. Una vez descargado cargue el archivo ejecutable y continué como la instalación normal de un paquete que correrá bajo Windows.

Una vez terminado de instalar, configure la interfaz de red inalámbrica, recuerde que:

essid: Eslared2006, y que la modalidad de conexión es Ad-Hoc Network. Asigne una dirección IP según la tabla de direccionamiento estático.

Quizás saldrá un mensaje de reinicio del PC que en condiciones normales en Windows es posible que lo requiera.

Posteriormente ejecute OLSR Switch y arranque el servicio manualmente. Podra observar así como en Linux los nodos vecinos en la red mesh.

7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollado para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica, bajo los siguientes términos:

- Atribución. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- No comercial. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- Licenciamiento Recíproco. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, sólo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX.

Unidad 13



REDES MESH

Autor: *Sebastian Buettrich, wire.less.dk*

Adaptado por Ermanno Pietrosemoli, Fundación EsLaRed

Por qué Redes MESH



Las redes Mesh o malladas resuelven los dos problemas principales que se presentan cuando se quiere desplegar una red en un área densamente poblada:

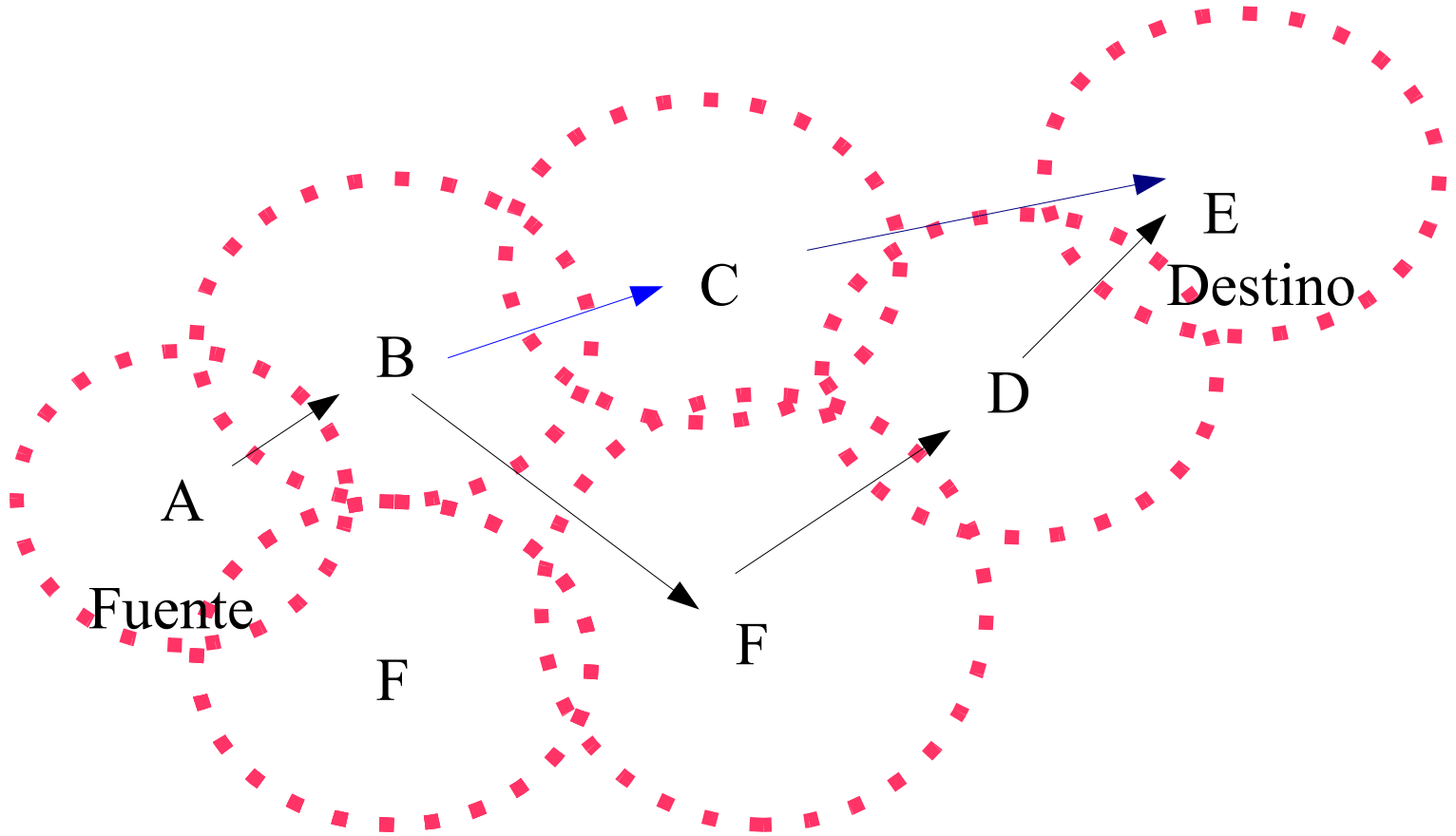
- La interferencia resultante de usar espectro libre
- La necesidad de que todas las estaciones de usuario tengan línea de vista con la estación base

Por qué Redes MESH



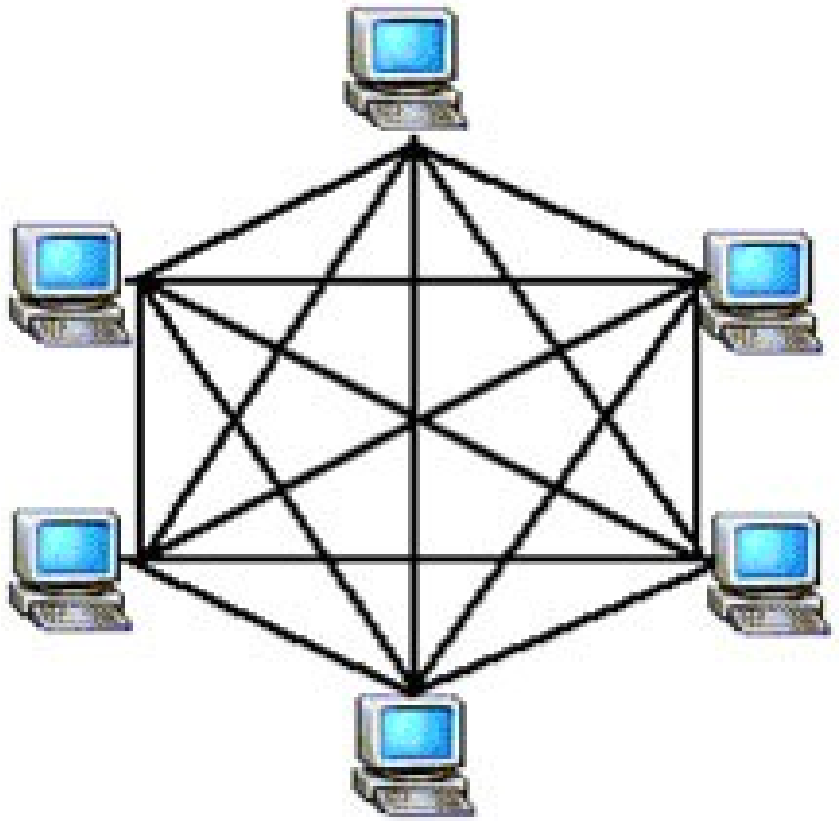
Otras ventajas es que las estaciones transmiten a menor potencia y por lo tanto pueden emplear mayores velocidades de transmisión, y además se facilita distribuir el acceso a Internet en varios puntos

Definiendo Redes MESH

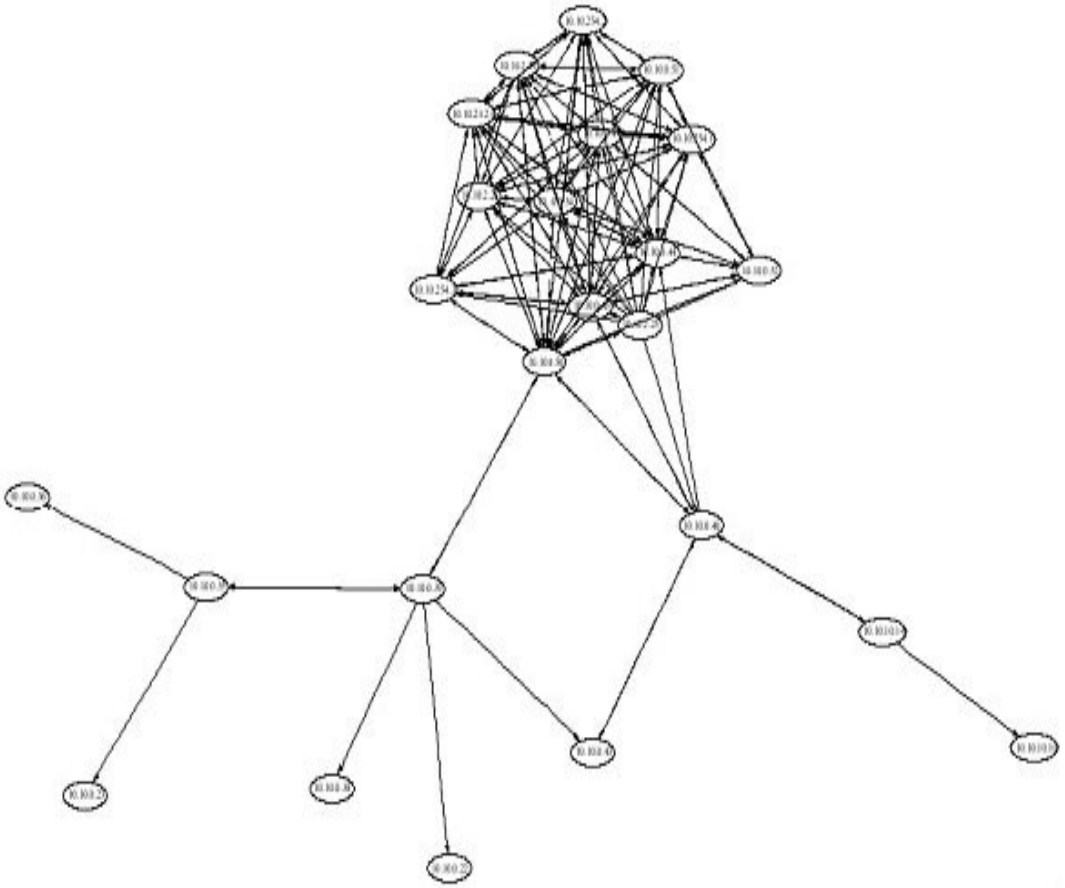


Definiendo Redes MESH

Una red MESH es aquella que emplea uno o dos arreglos de conexión, una topología total o una parcial. En la **total**, cada nodo es conectado directamente a los otros. En la topología **parcial** los nodos están conectados sólo a algunos de los demás nodos.



Definiendo Redes MESH



Seguidamente, en la figura podemos observar un diagrama de una red MESH parcial, parecido a una implementación de MESH inalámbrica más realista: Los nodos tienen un grado variable de conexión, con algunos nodos conectados a muchos nodos y otros en los extremos con una sola conexión

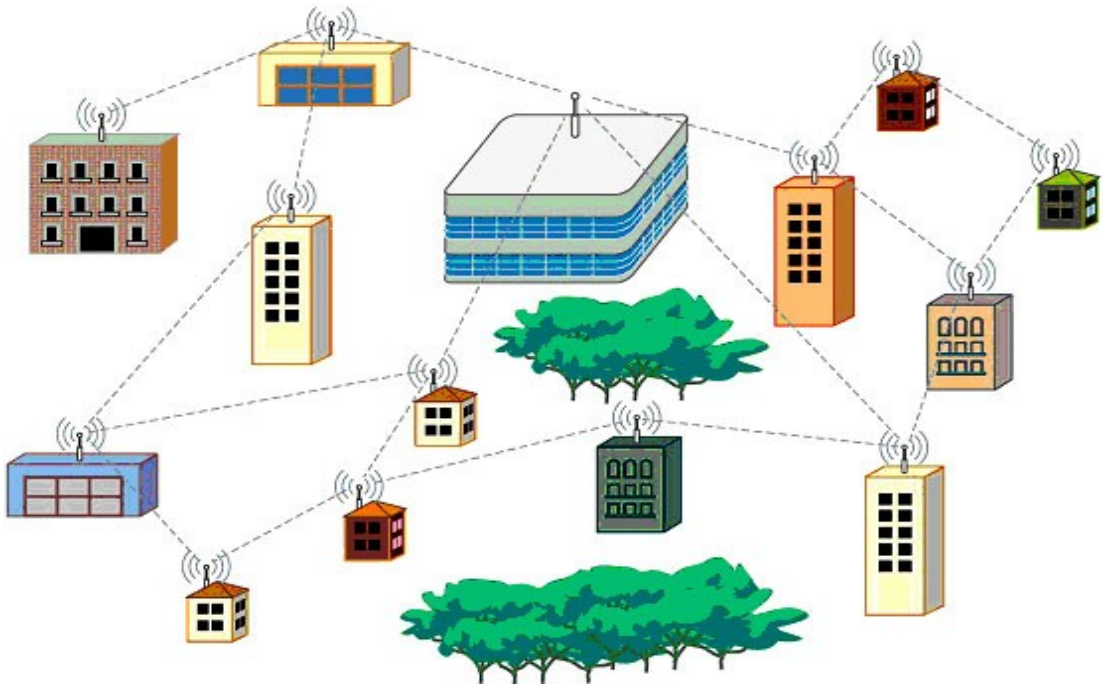
Definiendo Redes MESH

- **Topología y dinámica**

"redes que manejan conexiones de tipo todos contra todos, capaces de actualizar y optimizar dinámicamente estas conexiones"

- **Escenario típico**

Un escenario típico MESH en una zona urbana luce así, conectando mayormente antenas en techos, pero podría incluir muchas otras ubicaciones, como torres de antenas, árboles, nodos móviles (vehículos, laptops).



Definiendo Redes MESH

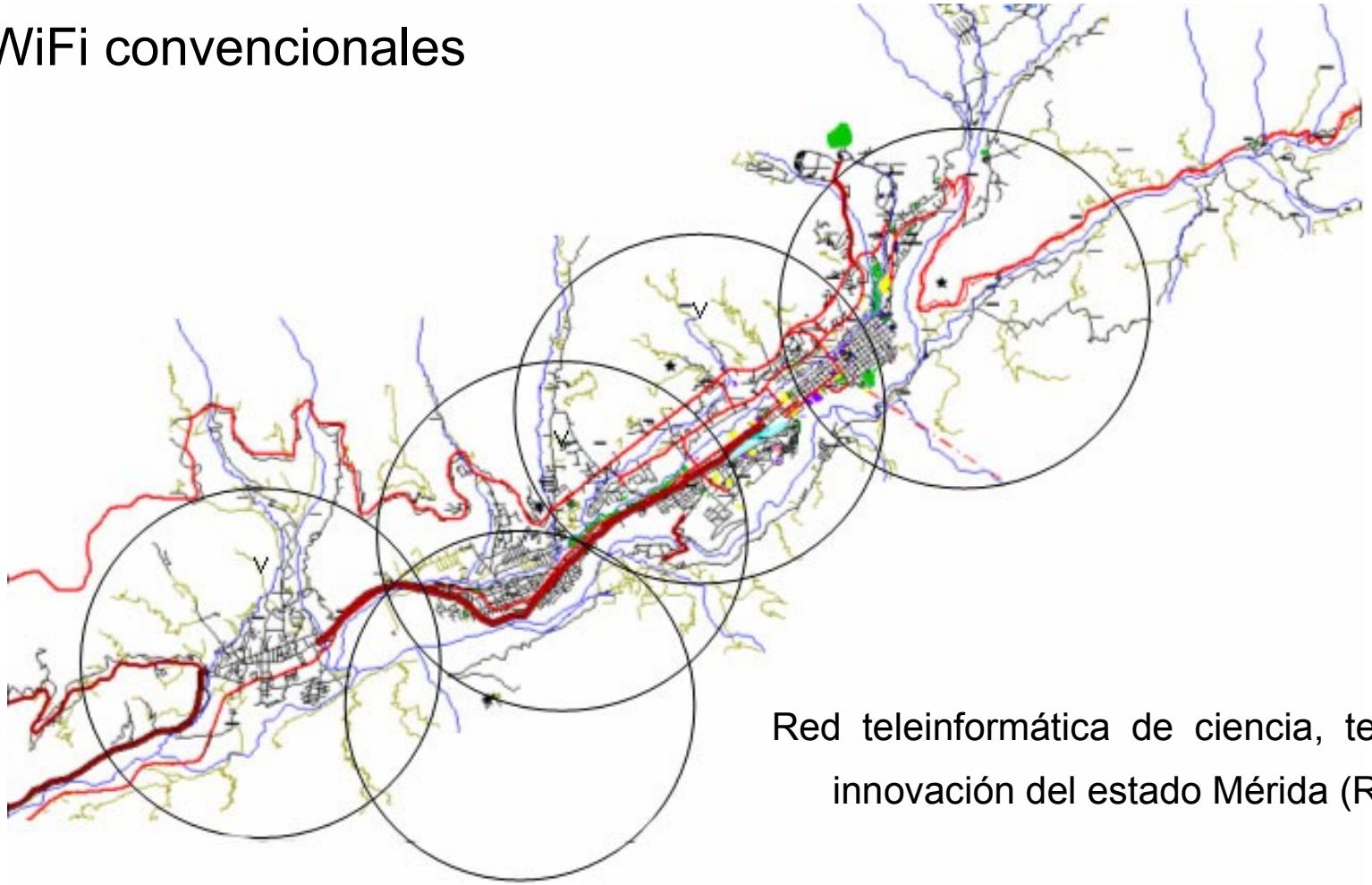


Topología – términos relacionados

- **MANET- Mobile Ad Hoc NET** (red ad hoc móvil) – combinando los dos aspectos de movilidad y enrutamiento dinámico (no necesariamente presentes en redes MESH
- **Redes Ad Hoc**, se enfoca en la espontaneidad y naturaleza dinámica de una red
- **Redes MultiHop** se enfoca en el hecho de que la información viaja a través de muchos nodos

Motivación, expectativas y limitaciones

La tecnología de las redes MESH resuelve algunos problemas de las redes WiFi convencionales



Red teleinformática de ciencia, tecnología e innovación del estado Mérida (RETICyT)

Motivación, expectativas y limitaciones



Estas son algunas de las razones del porqué las redes MESH son vistas como una opción atractiva:

- Mitigación de la interferencia
- Facilidad de crecimiento y de mantenimiento
- Organización y modelo de negocio cooperativo
- Red robusta y adaptable
- Consumo de energía
- Integración
- Entornos urbanos y rurales
- Debilidades y limitaciones

Protocolos de enrutamiento y mediciones



Elementos de enrutamiento MESH

Entre los principales elementos de enrutamiento tenemos:

- **Descubrimiento de nodos** – encontrar nodos en una topología que puede cambiar sobre la marcha
- **Descubrimiento de la frontera** – encontrar los limites o bordes de una red, generalmente los sitios donde se conecta a Internet

Protocolos de enrutamiento y mediciones



Elementos de enrutamiento MESH

Continuación de los principales elementos de enrutamiento:

- **Cálculo de rutas** – encontrar la mejor ruta basado en algún criterio de la calidad de los enlaces
- **Manejo de direcciones IP** – asignar y controlar direcciones IP
- **Manejo de la red troncal (uplink,backhaul)** manejo de conexiones a redes externas, como por ejemplo enlaces a Internet

Protocolos de enrutamiento y mediciones



Tipos de protocolos de enrutamiento MESH

Proactivos o basados en tablas:

- **OLSR -**Optimized Link State Routing Protocol- (protocolo de enrutamiento por optimización del estado del enlace), OLSREXT,QOLSR
- **TBRPF -**Topology Broadcast based on Reverse Path-
- **Forwarding routing protocol**

Protocolos de enrutamiento y mediciones



Tipos de protocolos de enrutamiento MESH

Proactivo *Cont...*

- **HSLS -**Hazy Sighted Link State Routing Protocol-(protocolo de enrutamiento basado en desechar los enlaces de baja calidad)
- **MMRP** (Mobile Mesh Routing Protocol),también conocido como MobileMesh
- **OSPF**-Open Shortest Path First-(basado en la ruta más corta)

Protocolos de enrutamiento y mediciones



Tipos de protocolos de enrutamiento MESH

Reactivo *(Por demanda)*

- **AODV -**Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing-Protocolo de enrutamiento a demanda

Protocolos de enrutamiento y mediciones



Mediciones (¿Qué vamos a medir? La métrica)

Se realizan mediciones de la calidad de los enlaces y rutas, casi siempre hablamos del “costo” asignado a ciertas rutas, esto no debe ser confundido con un costo financiero sino más bien de la forma:

“¿qué tanto sufren mis datos cuando tomo esta ruta?

(ejemplo: ¿porqué la ruta es lenta o presenta

pérdidas?)”

Protocolos de enrutamiento

¿Qué vamos a medir?



- Número de saltos
- Tráfico enviado y recibido
- Tiempo requerido para describir una ruta
- Número total solicitudes de rutas enviadas
- Número total solicitudes de rutas recibidas
- Tráfico de control recibido y enviado
- Tráfico de datos recibido y enviado
- Intentos de retransmisión
- Potencia promedio
- Rendimiento (Throughput)

Protocolos de enrutamiento



Consideraciones

- Diseño de la métrica de enrutamiento
- Minimización de la tara de enrutamiento
- Robustez de las rutas
- Uso efectivo de la infraestructura de soporte
- Balanceo de carga
- Adaptabilidad de las rutas

Protocolos de enrutamiento



Factores de diseño

- Eficiencia en el uso de los recursos
- Rendimiento (throughput)
- Ausencia de lazos de enrutamiento
- Estabilidad de las rutas
- Rapidez en el establecimiento del camino
- Eficiencia en el mantenimieno de la ruta

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



- ***MMRP (MobileMesh)***

  El protocolo MobileMesh contiene tres protocolos separados, cada uno dirigido a una función específica:

  - **Link Discovery**. Descubrir los enlaces, un simple protocolo “hello”
  - **Routing-Link State Packet Protocol**
  - **Border Discovery** – Habilita túneles externos

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



MMRP (MobileMesh)

Desarrollado por Mitre, MobileMesh es cubierto por la licencia genérica GNU. Este es un buen protocolo para entender los rudimentos del enrutamiento mesh y se puede implementar fácilmente con laptops corriendo Linux

Para instrucciones de implementación, ver:

http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2004/01/22/wirelessmesh.html

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OSPF

Este protocolo, **Open Shortest Path First**, desarrollado por el grupo de trabajo de Interior Gateway Protocol (IGP) de la IETF está basado en algoritmo SPF:

- La especificación OSPF envía llamadas, verifica el estado de los enlaces y se lo notifica a todos los enrutadores de la misma área jerárquica. Es de dominio público y está descrito en la RFC 1247

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OSPF

- OSPF funciona enviando LSA (Link–State Advertisements) a todos los otros enrutadores dentro de la misma área jerárquica informándoles sobre las interfaces disponibles, métrica utilizada y otras variables
- Los enrutadores OSPF utilizan esta información para calcular los caminos más cortos

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OSPF

- Este protocolo compite con RIP e IGRP, los protocolos de enrutamiento de vector distancia. Estos últimos envían toda o una porción de sus tablas de enrutamiento a todos los enrutadores vecinos refrescando la información continuamente

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OLSR

Optimized Link State Routing Protocol descrito en el RFC3626:

- OLSR es un protocolo de enrutamiento para redes móviles Ad hoc
- Es un protocolo proactivo, basado en tablas, que utiliza una técnica llamada: multipoint relaying (MPR) para la difusión de mensajes por inundación

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OLSR

- Actualmente la implementación funciona bajo GNU/Linux, Windows, OS X, FreeBSD y NetBSD
- OLSRD -OLSR Daemon- está diseñado para ser bien estructurado y de una implementación bien codificada que debería ser fácil de mantener, expandir y utilizada en otras plataformas. La implementación cumple con RFC3626 tanto con las funciones básicas como con las auxiliares

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OLSR

- OLSR actualmente es visto como uno de los protocolos mas prometedores y estables. Es la base de la mayoría de las redes mesh instaladas en Europa, con instalaciones exitosas en Alemania, Austria, Serbia, Inglaterra, España y Portugal. También se está usando en Colombia

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-

La **"métrica" (qué parámetro se va a medir) de ETX (conteo de transmisión esperada)**, ha sido desarrollado en el MIT, Massachussets Institute of Technology

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-

- Consiste en una técnica sencilla y probada que favorece a los enlaces más confiables y de mayor capacidad. Se basa en el conteo del número de *beacons* (balizas) enviadas pero no recibidos en ambos sentidos de un enlace inalámbrico, es decir, simplemente cuenta las pérdidas

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-

- En experimentos prácticos de MESH inalámbricos la inestabilidad de las tablas de enrutamiento viene dada por los continuos cambios de puerto de enlace (gateway) preferido. La mayoría de las técnicas de enrutamiento se basan en el concepto de “minimización del número de saltos”, adecuado para las redes cableadas, pero que no se adapta a las redes inalámbricas

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-

- ETX ,en cambio, basa las decisiones de enrutamiento en las pérdidas de paquetes y no en conteo de saltos. Obsérvese que la “métrica” del enlace es independiente del protocolo de enrutamiento, así que ETX también puede utilizarse en otros protocolos

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



AODV

- Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV), es un protocolo de enrutamiento a demanda de vector distancia, diseñado para redes móviles autoconfigurables. Está descrito en la RFC 3561

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



AODV

- Permite el enrutamiento dinámico, autoconfigurable y multisalto entre nodos, está en proceso de ser estandarizado y por el momento es un RFC experimental de la IETF
- Está siendo desarrollado en la Universidad de California, Santa Barbara con la colaboración de Intel

Una de las primeras implementaciones de mesh en software libre, Locustworld, emplea AODV.

Protocolos de enrutamiento Ejemplos



HWMP- Hybrid Wireless Mesh Protocol-

Está basado en una combinación de AODV y protocolos basados en árboles. Es el protocolo establecido como obligatorio por el grupo de trabajo 802.11s, dedicado a redes MESH, aunque se deja la libertad de utilizar opcionalmente otros protocolos, particularmente los basados en OLSR

El estándar IEEE 802.11s



Es todavía un borrador, pero hay una propuesta oficial desde marzo de 2006, luego de muchas discusiones que redujeron a dos las 16 proposiciones iniciales

er Child (OLPC) utilizará 802.11hild (OLPC) utilizará 802.11s

Hardware para MESH



- Prácticamente cualquier nodo inalámbrico puede convertirse en un nodo mesh simplemente mediante modificaciones de software

Hardware para MESH



- Cualquier computador con Linux y un dispositivo inalámbrico puede utilizarse para este fin, y próximamente inclusive los PDA (Personal Digital Assistant) podrán formar una Mesh y hasta los celulares de nueva generación

Hardware para MESH



- En lo que sigue daremos algunos ejemplos de hardware MESH para comunidades de redes inalámbricas, dejando de lado las numerosas soluciones privativas

Hardware para MESH

Meraki

Es un enrutador WiFi implementado en un solo chip, lo que permite bajar el costo a 50$.

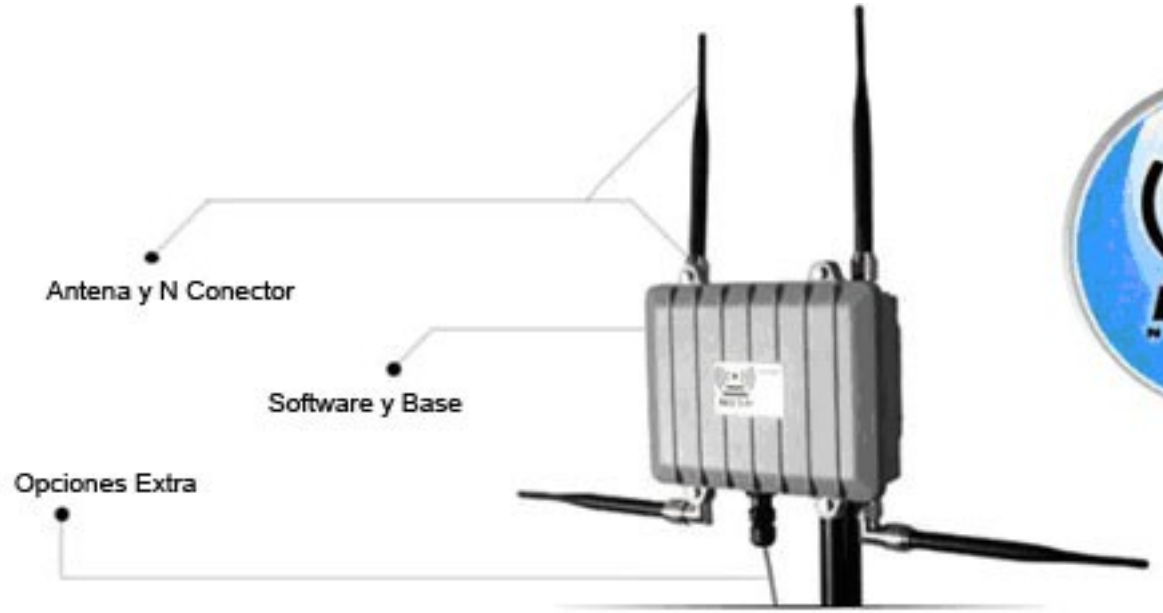


Está orientado a proveer conectividad desde el interior de la vivienda, aunque existe una versión para exteriores e inclusive una alimentada por energía solar www.meraki.com

Hardware para MESH

- ***MeshNode***

La presentación del nodo MESH es una pequeña caja diseñada para intemperie, es impermeable,contiene un sistema operativo basado en Debian/GNULinux y dos tarjetas de radio en dos bandas (2.4 GHz y 5.8 GHz).



Hardware para MESH

- ***Linksys WRT54G, GS, GL***

Este punto de acceso inalámbrico no fue originalmente diseñado para usarse en intemperie ni para redes MESH, sin embargo es ampliamente utilizado bajo condiciones adversas por su bajo costo y fácil manejo, viene a ser una de las opciones más interesantes y versátiles.



Hardware para MESH

- ***Linksys WRT54G, GS, GL***

  - Muchas distribuciones de firmware para los Linksys WRT están disponibles en:

  - OpenWRT, EWRT, Batbox, Sveasoft, FreifunkFirmware, y muchos más

  - FreifunkFirmware viene directamente con soporte para MESH



Hardware para MESH

- ***Linksys WRT54G, GS, GL***

Este dispositivo es muy popular en el mundo entero y se puede adquirir por menos de $100, existen numerosas versiones, con diferentes cantidades de memoria RAM e inclusive con diferentes sistemas operativos, pero lo primero que se hace para emplearlo en redes comunitarias es sustituir el firmware original por uno de los desarrollados por independientes



Hardware para MESH

- ***Locustworld MeshAP***

La Compañía Locustworld con sede en el Reino Unido, produce el sistema MeshAP y está activa en muchos proyectos de desarrollo de comunidades



Hardware para MESH

- ***Locustworld MeshAP***

El hardware tiene un procesador de 500 MHz, 128 MB de RAM, tarjetas de radio, 32 MP compact flash drive, y no tiene partes móviles. Precio : alrededor de $400



Hardware para MESH

- ***Ubiquty Lite Station***

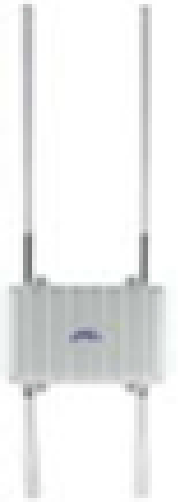
400 mW b/g , alrededor de $100



AP-ONE

Zero Configuration Mesh

The most powerful and feature rich dual-radio mesh AP on the planet!



Hardware para MESH



- **Hardware Mesh: laptops personalizadas**
  - Cualquier laptop o PC de escritorio con una tarjeta inalámbrica puede servir como un nodo MESH
  - Las posibles configuraciones son muchas, sin embargo podemos mencionar algunos sistemas operativos tales como, Pebble Linux, MeshLinux, Locustworld, FreifunkFirmware, CUWin

Hardware para MESH



- **Hardware Mesh: laptops personalizadas**
  - Muchas de estas soluciones están disponibles en un “Live CD”, es decir un CD que contiene el sistema operativo y el protocolo de enrutamiento, de tal modo que el usuario sólo tiene que arrancar la máquina desde el CD y tener un nodo MESH listo para su configuración

Software relacionado con paquetes MESH



- ***MeshLinux***
  - Realizada por “Elektra” (Corinna Aichele), Berlín, Alemania
  - Basada en Slackware Linux, alrededor de 50 MB ISO
  - Apropiada para ser utilizada en viejos laptops
  - Los protocolos Mesh incluidos son: MobileMesh, OLSR, BGP, OSPF, RIP, AODV

Software relacionado con paquetes MESH



- ***Zebra/Quagga***
  - Realizado por Kunihiro Ishiguro
  - GNU Zebra es un software libre que maneja protocolos de enrutamiento basados en TCP/IP parte del proyecto GNU Project, distribuido como GNU GPL
  - Protocolos Mesh incluidos: BGP4
  - (RFC1771, A Border Gateway Protocol 4), RIPv1, RIPv2, OSPFv2, soporta IPv6
  - Quagga añade RIPv3, OSPFv3

Software relacionado con paquetes MESH



- ***CUWiN***
  - Realizado por Champaign Urbana community project, Illinois, USA
  - "El software CUWiN es un sistema operativo completo para nodos MESH inalámbricos. Se comenzó con una distribución NetBSD y se le añadió controladores inalámbricos, códigos de enrutamiento y sistemas especializados que permiten a los nodos trabajar en armonía para enrutar el tráfico de cada uno de los demás nodos"
  - Usa también HSLS, OSPF, ETX

Software relacionado con paquetes MESH



- ***Pebble***
  - Realizado por NYCWireless community
  - Está basado en Debian GNU/Linux y logra empacar todos los requerimientos para una red inalámbrica MESH en muy poca memoria, por lo que es apropiado para SBC (Single Board Computers) como el Soekris y similares

Software relacionado con paquetes MESH



- ***Pebble***
  - Corre en muchos tipos de sistemas por ser muy pequeño, como por ejemplo las viejas máquinas 486
  - Protocolos Mesh incluidos: OSPF, (OLSR en la versión de Metrix)

Software relacionado con paquetes MESH



- ***OpenWRT***
  - OpenWrt es una distribución Linux para el WRT54G, un firmware con la virtud de añadir paquetes, incluso se puede personalizar
  - Dos sistemas de archivo, y una partición de solo lectura permite añadir las funcionalidades que se deseen

Software relacionado con paquetes MESH



- ***OpenWRT***
  - Provee: inicialización de la red (Ethernet e inalámbrico, firewall, DHCP cliente /servidor, cache, servidor dns, servidor telnet, SSH e interfaces Web vía ipkg
  - Se pueden incluir muchos otros paquetes e.g. php,nocat splash, asterisk

Software relacionado con paquetes MESH



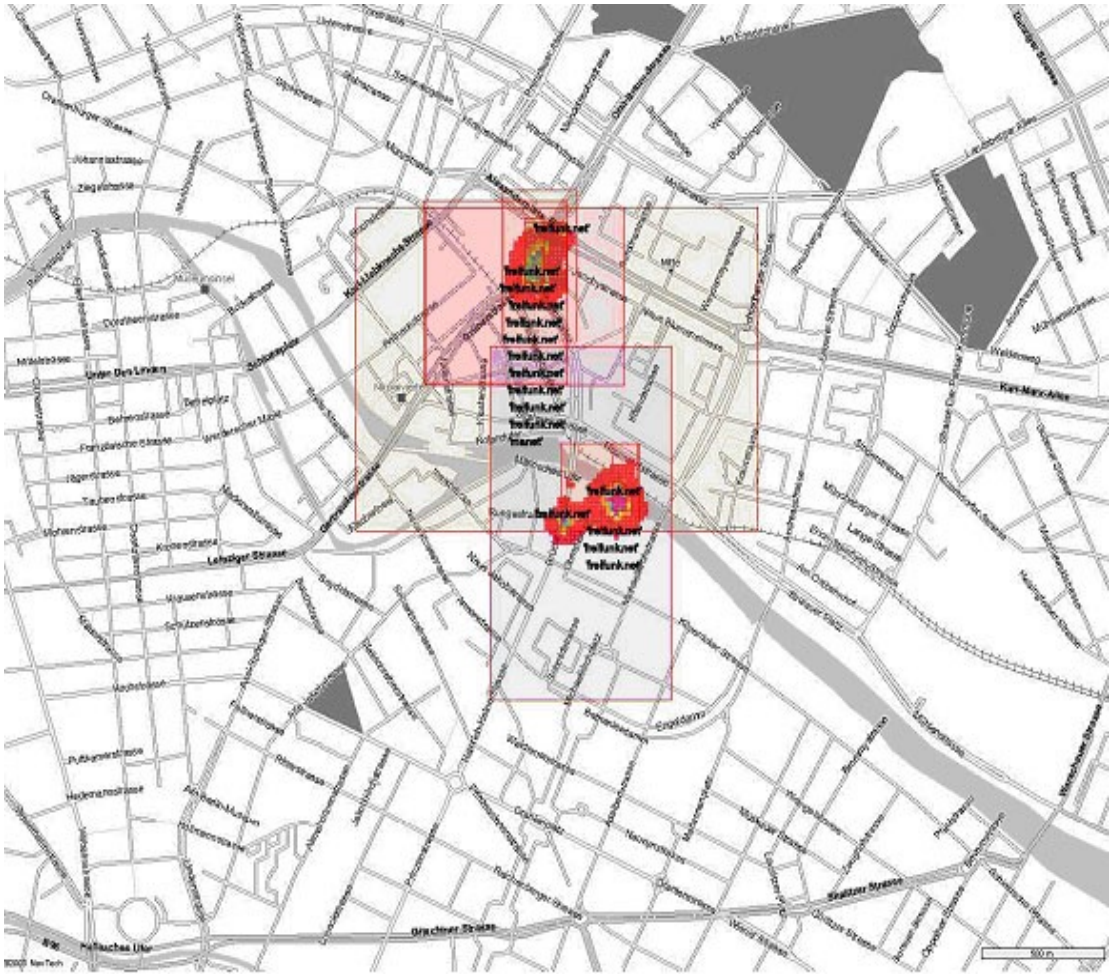
- ***FreifunkFirmware***
  - Elaborado por Freifunk group, Berlín, Alemania
  - Puede ser instalado en cualquier Linksys WRT54g (versión 1.0 a 2.2), o WRT54gs (versión 1.0y 1.1), o WAP54g (únicamente en la versión 2.0) o un dispositivo compatible para poner en funcionamiento un típico nodo OLSR rápida y fácilmente

Ejemplo de MESH

- ***Alemania: Freifunk OLSR Mesh, Berlín, Alemania***

Esta red experimental de comunidad urbana actualmente está conformada por unos 200 nodos basado en OLSR FirmwareFreifunk. A este software se le han dado muchos usos en proyectos comunitarios y de desarrollo

Fuente: http://www.freifunk.net



Ejemplo de MESH

- ***CUWiN–Champaign-Urbana Community Wireless Network*** ***(Red inalámbrica comunitaria de Champaign-Urbana) , Illinois Estados Unidos***

CUWiN es una iniciativa de desarrollo e investigación con una implementación de código abierto del protocolo de enrutamiento HSLS, apostando a una red AdHoc inalámbrica escalable y altamente robusta

Fuente:http://cuwireless.net/whatiscuwin



Ejemplo de MESH

- ***Red comunitaria de MESH inalámbrica en Dharamsala India***



"La red comunitaria de Dharamsala, se fundó luego de la aprobación del uso del WiFi en exteriores en la India (28 de Enero de 2005).Para finales de Febrero la MESH ya tenía conectados 8 campus. Pruebas extensivas durante Febrero mostraron que los terrenos montañosos abruptos se ajustan más a las MESH que las redes convencionales punto – multipunto.



Ejemplo de MESH

- ***Red MESH en el Instituto Meraka en Mpumalanga Sudáfrica: CSIR***

"La primera antena del Instituto Meraka está hecha con una lata de metal y un trozo de rayo de bicicleta soldado a un conector especial que se puede conectar con una antena similar en otro punto a 5 kilómetros"

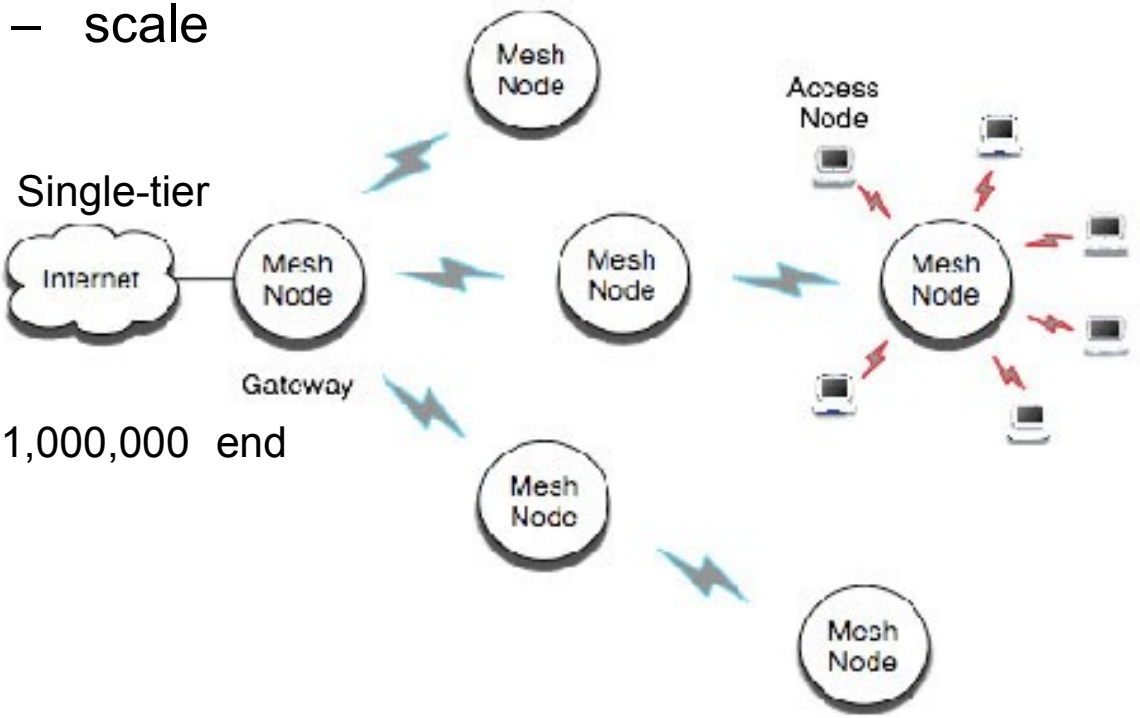
Fuente:http://wirelessafrica.meraka.org.za



Ejemplo de MESH: Houston

Two – Tier Mesh

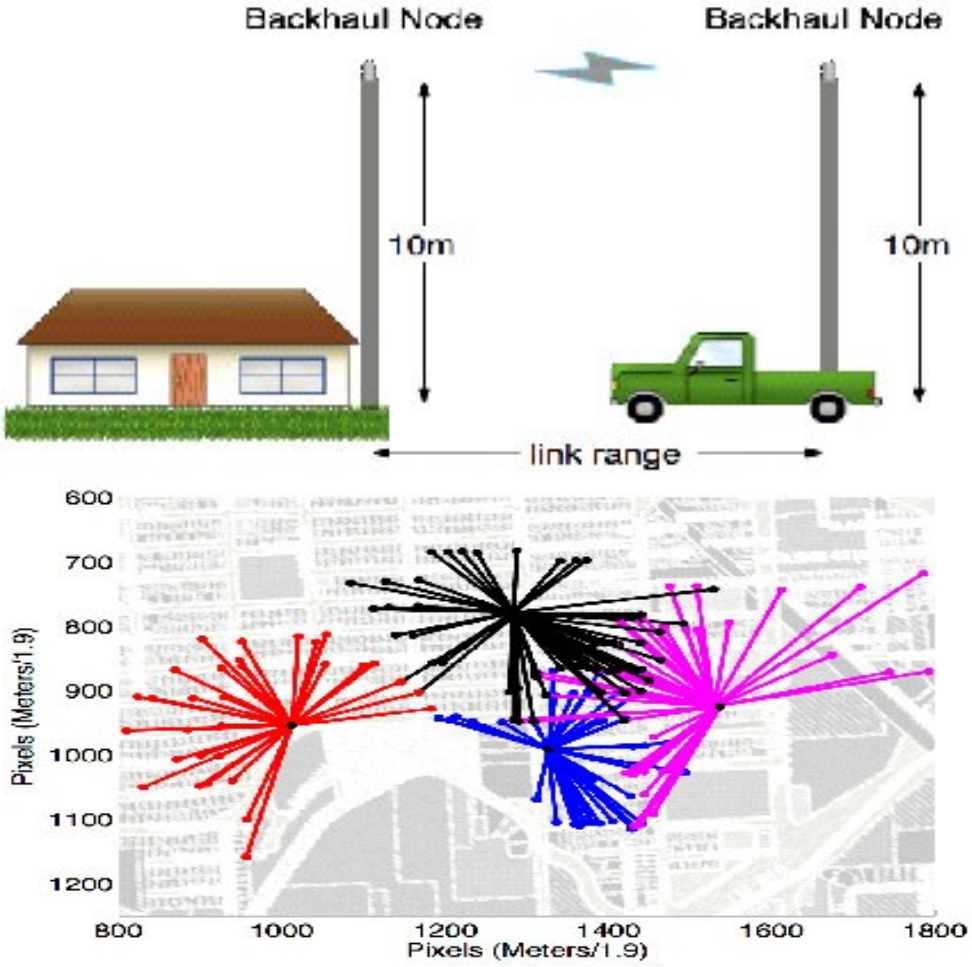
- Many citties palnning large – scale mesh deployments
  - Two-tier planned architecture vs. Single-tier organic/random (e.g., Roofnet)
- Houston plans:
  - 620 mt2, 18,000 mesh nodes, over 1,000,000 end points, $ 30.$50M
- Where are we today?
  - Many announced plans
  - Many deployments por emergency and public services
  - Acces deployments in infancy



Ejemplo de MESH: Houston

Backhaul Link Experiments





Ejemplo de MESH

- ***Redes mesh, más que tecnología…..***

El acuerdo PicoPeering

El acuerdo PicoPeering es un intento de conectar islas de redes comunitarias mediante un esqueleto mínimo de requerimientos de interconexión para un acuerdo equitativo entre usuarios.Sus principios incluyen:

- Tránsito gratis
- Comunicación abierta
- No hay garantías
- Términos de uso
- Adaptaciones locales

Debilidades y limitaciones de las redes MESH



- ***Retardo (Latencia)***

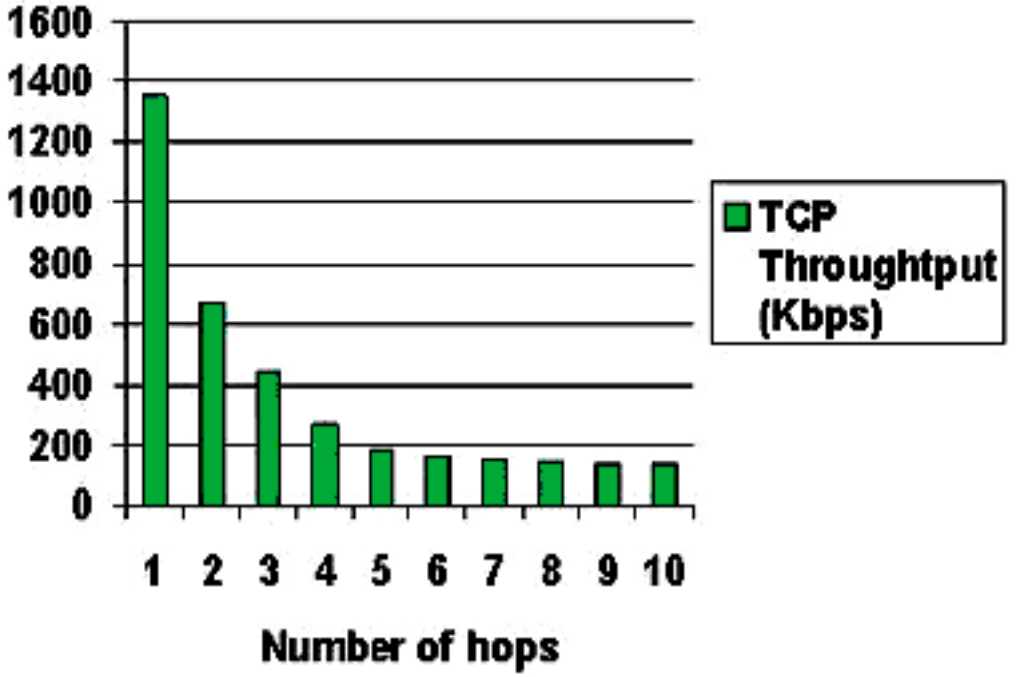
- La latencia (retardo de propagación de los paquetes), obviamente tiene que crecer con el número de saltos. Los efectos del retardo son dependientes de la aplicación; los correos electrónicos por ej. no sufren ni con grandes latencias, mientras que servicios de voz es muy sensible

- La latencia se empieza a sentir desde los 170 ms en adelante, pero a veces un retraso de 5 s en una conversación mediante walkie talkie es mejor que no tener conexión

Debilidades y limitaciones de las redes MESH

- ***Rendimiento***

El tema de la disminuición del rendimiento (througput) existe en todas las redes multisalto. El rendimiento disminuye con el número de saltos de acuerdo a 1/n o 1/n2 o 1/n1/2, dependiendo del modelo ("n" es el número de saltos) que se utilice



Rendimiento de TCP para el MAC de 802.11 a una tasa de 2 Mbit/s en función del número de saltos.

Debilidades y limitaciones de las redes MESH



- ***Escalabilidad***

  Todavía son limitadas las aplicaciones de mesh en términos de número de nodos, pero algunas de las conocidas son las siguientes:

  - Rooftop de MIT: 4050
  - Berlín OLSR: cerca de 4000
  - CUWin: cerca de 500
  - Dharamsala: > 50

  En las implementaciones comerciales (¿200 nodos?,¿10,000 nodos?) a menudo no se comparte la experiencia (verdadera) abiertamente y por lo tanto son difíciles de evaluar

Debilidades y limitaciones de las redes MESH



- ***Seguridad***

  Las redes ad hoc por definición necesitan hablar con los clientes antes de autenticarlos, esto constituye un reto en la seguridad de Internet. Las redes Mesh son por diseño muy vulnerables a ataques de negación de servicio (Denial of service – DOS)

Debilidades y limitaciones de las redes MESH



- ***Distribución de las direcciones IP***

La distribución de las direcciones IP en una red Mesh no es trivial. Mientras que la asignación automática vía DHCP en rangos de IP privado no es problemática, las redes Mesh podrían en principio interactuar con redes vecinas en cualquier momento y el peligro de direcciones duplicadas y conflictos de red es obvio. IPv6 podría traer una solución a esto, pero todavía faltan algunos años para su despliegue a gran escala

Conclusiones



Esta unidad presenta las bases de una red Mesh, enfocándose en redes comunitarias e implementaciones de software libre. Los aspectos fundamentales son:

- Las redes Mesh manejan conexiones de “todos contra todos” (Many-to-many) y son capaces de actualizarse dinámicamente optimizando estas conexiones
- La principales ventajas y limitaciones de las redes Mesh
- Los elementos de enrutamiento Mesh y el hardware que pueden ser utilizados para construir redes Mesh

Recursos adicionales



- Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing", 2001
- http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-08.txt
- IETF, Manet Group
- www.nortel.com
- "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks", 2001
- http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-05.txt
- Mobile Mesh Home Page
- http://www.mitre.org/tech_transfer/mobilemesh.html
- **Performance Evaluation of Important Ad Hoc Network Protocols by S. Ahmed and M. S. Alam** EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking Volume 2006, Article ID 78645, Pages 1–11 DOI 10.1155/WCN/2006/78645
- **Freifunk**firmware in English: http://freifunk.net/wiki/FreifunkFirmwareEnglish



Unidad 14: WiMAX y soluciones no estándar

Autor: Ermanno Pietrosemoli. Fundación EsLaRed

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Grados de dificultad..... 2
1.2 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. WIMAX..... 4
3.1 Rango y Cobertura..... 5
3.2 Escalabilidad y rendimiento..... 8
3.3 Calidad de Servicio..... 8
3.4 IEEE 802.16d-2004..... 8
3.4.1 Configuración Básica..... 9
3.5 WiBro..... 10
3.6 Conclusión..... 11
4. Soluciones no Estándar..... 12
4.1 MIKROTIK..... 12
4.2 Alvarion..... 13
4.3 Canopy..... 17
5. Conclusiones..... 18
6. Recursos Adicionales..... 19
6.1 En Línea..... 19
7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 19

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue desarrollado originalmente en castellano para el proyecto TRICALCAR. Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia 3.0 **Atribución No-Comercial-Licenciamiento Recíproco** (Creative Commons <http://creativecommons.org/>).

1.1 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio” .

1.2 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación practica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

En el año 2000 en Venezuela se realizó una subasta pública de la banda de frecuencias entre 3400 y 3500 MHz, con la finalidad de prestar servicios de voz y datos mediante tecnología inalámbrica, en lo que se conocía como WLL (Wireless Local Loop).

Aunque varias empresas pagaron cuantiosas sumas por el derecho a utilizar 25 MHz en una de las 5 regiones del país, y un par llegaron a hacer instalaciones en varias ciudades, en general el plan fracasó y en 2006 las licencias fueron revocadas.

Si analizamos las causas de este fracaso podemos concluir que se debieron principalmente a los siguientes factores:

1) Inexistencia de un estándar para proveer este tipo de servicio.

2) Requerimiento de la existencia de línea visual. Las soluciones comerciales existentes requerían línea de vista entre la estación base y el suscritor, lo que implica que la instalación de cada suscritor debía ser realizada por personal especializado.

Ambos factores influyen fuertemente en el costo que debe pagar el usuario convirtiendo el sistema en inviable.

Afortunadamente, hoy en día se han hecho notables avances en ambos aspectos mediante los estándares IEEE802.16 que permiten en algunos casos obviar la necesidad de línea de vista entre la estación base y el suscritor.

Por otra parte, la industria de la telefonía celular ha disminuido notablemente los costos, a la vez que ha mejorado la tasa de transmisión que ofrece, por lo que en este momento puede ser una solución válida en ciertas aplicaciones.

Además, varias empresas están ofreciendo soluciones privativas, no estándar, que sin embargo han tenido algún éxito comercial por lo que las reseñaremos brevemente, tomando en cuenta que la mayoría de ellas prometen migrar hacia WiMAX, la implementación comercial del IEEE802.16.

Otras incluso utilizan Wireless DOCSIS, donde se adapta el estándar para transmisión de datos sobre sistemas de televisión por cable al ambiente inalámbrico

En cambio, la tecnología de acceso satelital bilateral sigue siendo muy costosa en los países en vías de desarrollo.

IEEE 802.16 nació como una solución para redes metropolitanas, es decir con alcance de decenas de kilómetros y tasas de transmisión de varios Mbit/s. Originalmente estaba orientado a frecuencias de operación por encima de 10 GHz por lo que no tuvo mucha repercusión. La enmienda del estándar en 2003 extendió la gama de operación a las frecuencias entre 2 y 10 GHz, lo que permite un alcance mayor y, aunado al uso de la técnica OFDM (Orthogonal Frerquency Division Multiplexing), se logra transmitir aún en ausencia de línea de vista. Con esta enmienda se proponía resolver las limitaciones fundamentales que tiene 802.11 como tecnología de acceso en exteriores: alcance y QoS. Para estos fines, 802.16 utiliza un método de acceso al medio totalmente distinto y contempla una gran variedad de técnicas de modulación y de compartición del canal, con gran versatilidad al ofrecer soluciones tanto en espectro libre como en bandas protegidas.

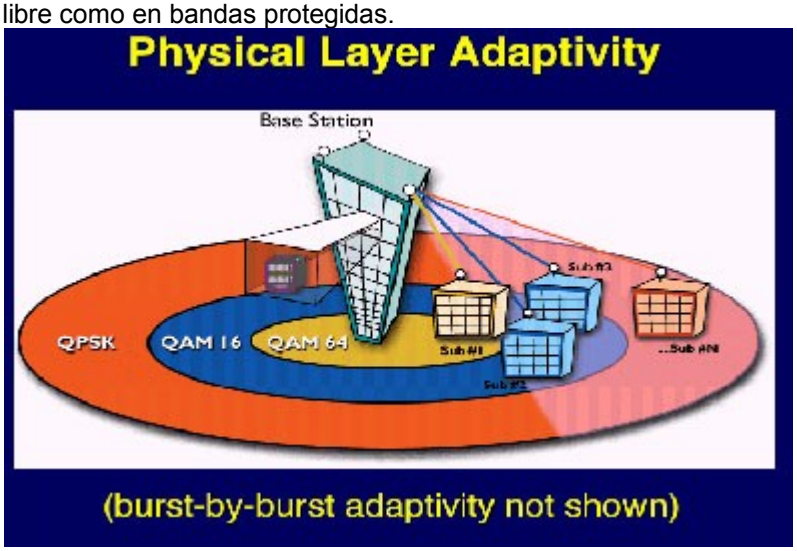


Figura 1: Diferentes tipos de modulación en función de la distancia a la estación base.

Toda esta versatilidad hace que el estándar sea muy complejo y presente dificultades para su implementación práctica. Por este motivo algunas empresas muy representativas en el ámbito de las telecomunicaciones decidieron crear una organización sin fines de lucro que estableciera unos perfiles típicos que respondieran a lo que se percibe como los requisitos más inmediatos del mercado y creara un mecanismo donde se pudiera comprobar la interoperabilidad de los dispositivos producidos por varios fabricantes. Esta alianza se denomina WiMAX (Wireless Microwave Access) y hoy en día cuenta entre sus miembros a la gran mayoría de las grandes empresas del área.

Para las pruebas de interoperabilidad, se ha contratado los servicios de dos laboratorios, uno en España y el otro en Corea del Sur. Un tercer laboratorio en China se añadió recientemente. WiMAX aspira a lograr para 802.16 lo que WiFi logró para 802.11: la amplia difusión de la tecnología.



En este sentido se han identificado dos requerimientos del mercado: en países en desarrollo se requiere una tecnología de acceso fijo que compense la falta de infraestructura tradicional, mientras que en países desarrollados el objetivo es brindar servicios móviles de banda ancha. Para esto se utilizan dos variantes de 802.16, la **d** y la **e**.

El IEEE802.16d (ratificado el 29 de junio de 2004) está destinado al servicio fijo y el IEEE802.16e al servicio móvil, y en principio el mercado para IEEE802.16d está en los países en desarrollo, mientras que el IEEE802.16e se orienta a satisfacer las necesidades de los países desarrollados.

Esta clasificación no es estricta, porque IEEE802.16d ha sido utilizado para ofrecer servicio nomádico (limitada movilidad, por ejemplo la de un computador portátil) mientras que IEEE802.16e también puede utilizarse para ofrecer servicios fijos. De hecho, algunas empresas han decidido concentrarse en IEEE802.16e y posicionarlo inclusive como contendor a la telefonía celular de tercera generación.

En resumen, 802.16 apunta a colmar las limitaciones de 802.11 en aplicaciones en exteriores y para ello se modifica la capa de acceso al medio haciéndola determinística en lugar de aleatoria, lo que permite garantizar calidad de servicio, muy importante en aplicaciones de voz y además resuelve los problemas asociados con transmisión a distancia y con gran número de nodos. Aprovecha también para introducir nuevos sistemas de modulación y diferentes anchos de canal, lo que lo hace un sistema más versátil pero más complejo.

3. WIMAX

Durante los últimos años WiMAX se ha promocionado como el futuro estándar de banda ancha inalámbrica. Muchos de los proveedores inalámbricos de Internet (WISP) e instituciones gubernamentales están considerando la sustitución de soluciones basadas en IEEE 802.11 y la

inversión en tecnología WiMAX. El primer reto con el que se encuentran es valorar objetivamente lo que WiMAX puede ofrecerles y a qué precio. La pregunta que muchos se hacen es: ¿Es WiMAX la última tecnología de moda o es una opción verdaderamente realista en el campo de la conectividad inalámbrica de banda ancha?.

El protocolo IEEE 802.16 ha sido diseñado específicamente para operar en enlaces exteriores multipunto con un medio de acceso compartido. Uno de los aspectos más interesantes de IEEE 802.16 es que tiene la posibilidad de utilizar distintos mecanismos de capa física manteniendo los mismos mecanismos de acceso al medio (MAC). Esta característica permite a los fabricantes de soluciones IEEE 802.16 el diseño de equipos fácilmente adaptables a cualquier zona del espectro. Los equipos comparten la mayoría de los componentes de hardware a excepción de la lógica de la capa física y los radios.

En otras palabras, aunque las técnicas de modulación cambian dependiendo de la frecuencia de operación, el formato de los datagramas (paquetes), el control de errores, el acceso al medio, etc. son totalmente independientes de la frecuencia.



El protocolo IEEE 802.16 es un protocolo ambicioso que pretende satisfacer todas las necesidades de los operadores inalámbricos de banda ancha y de la industria. En muchos casos la decisión de usar una tecnología u otra depende de decenas de aspectos como el uso eficiente del espectro, la legislación, el acceso a la tecnología o la capacidad de inversión.

Por eso es importante que la discusión no sea puramente tecno-céntrica, sino que otros aspectos se valoren a la hora de tomar una decisión. En aconsejable por tanto no discutir si una tecnología “es mejor que otra” sino si una solución es más apropiada que otra en cierto contexto local y para ciertas aplicaciones.No es, por tanto, fácil responder a la pregunta: ¿WiFi o WiMAX?

3.1 Rango y Cobertura

El IEEE 802.11 es un protocolo de área local (interiores) que fue diseñado para operar en celdas de tamaño reducido (100 metros). Durante su diseño no se contempló la posibilidad de que fuera usado como una solución para enlaces multipunto en exteriores. La capa de acceso (MAC) de IEEE 802.11 sufre del problema del llamado “nodo oculto” y es uno de las razones por la que esta tecnología no rinde óptimamente en enlaces de larga distancia con muchos nodos[1].

El método de IEEE 802.11 (CSMA/CA) supone que todos los nodos que se comunican con un punto de acceso son capaces de “escucharse” y por lo tanto pueden evitar las colisiones. Las colisiones en IEEE 802.11 se evitan cuando todos los nodos de la red pueden detectar si el canal está ocupado o no. Desafortunadamente, este requerimiento no se cumple en las mayoría de los casos cuando la

1. Los efectos de la distancia se tienen que tener en cuenta en enlaces de más de 3 km

tecnología se usa en exteriores. Cuando más de diez nodos (algunas personas dirían 5, otras 50) están asociados a un mismo punto de acceso, el número de retransmisiones incrementa hasta el punto que el tiempo de acceso al medio es inviable desde el punto de vista práctico.

En términos simples, IEEE 802.11 funciona bastante mal cuando muchos usuarios se conectan a un mismo punto de acceso en un red exterior. Para mejorar este problema, muchas soluciones privativas han optado por incorporar un mecanismo conocido como "polling" o sondeo. El punto de acceso monitorea las peticiones de los clientes y les adjudica el uso del canal. Este mecanismo de sondeo (opcional en IEEE 802.11a,b,g y raramente implementado) le permite al punto de acceso decidir en qué momentos una estación cliente está autorizada a comunicarse con el punto de acceso. El problema de colisiones debidas a nodos ocultos no es algo nuevo e inclusive antes de que el estándar se aprobara, ya existían soluciones para resolverlo (Ej. Carlnet TurboCel incorporado en los productos comerciales de Solectek, instalados en Mérida en 1997, ver Figura 2)



Figura 2: Antena de Solectek instalada en Mérida, Venezuela en 1997como parte de RETIEM, Red Teleinformática del Estado Mérida, con enlaces de hasta 40 km.

La razón fundamental por la que estos mecanismos no se incorporaron al estándar es que IEEE 802.11 no fue diseñado para exteriores y el mecanismo de sondeo introduce una tara adicional que no se justifica para enlaces de corto alcance. Pero el hecho de que IEEE 802.11 no obligara el "polling" no evitó que algunas compañías lo hiciesen al precio de romper la compatibilidad con otros productos.
El desarrollo de IEEE 802.11 continúa y al día de hoy (octubre 2007) existen productos que incorporan ciertos mecanismos de calidad de servicio basados en la enmienda IEEE 802.11e del estándar que exige la utilización del sondeo como método de adjudicación del canal. La certificación de interoperabilidad WMM (WiFi Multimedia), basada en IEEE 11e, define cuatro tipos de categorías de tráfico (definidas en 802.1d). , al estilo DiffServ: voz, video, mejor esfuerzo y tráfico de poca prioridad.



*La enmienda **n** del 801.11, que aún no ha sido aprobada oficialmente pero cuyo uso ha sido sancionado por la WiFi Alliance, incorpora métodos de modulación más sofisticados que permiten una eficiencia espectral superior a 802.16 y , al igual que éste, incorporan la tecnología MIMO (Multiple Input, Multiple Output), que consiente mejorar tanto las tasas de transmisión como el alcance, aprovechando inteligentemente las reflexiones que causan estragos en los sistemas convencionales.*

Las reflexiones son responsables del fenómeno de la multitrayectoria, por el cual en un momento dado sobre la antena receptora inciden varias señales que han recorrido diferentes trayectos y por lo tanto están desfasadas causando errores de decisión en el receptor. Este efecto es más grave mientras mayor sea el ancho de banda de la señal transmitida, por lo que una manera de contrarrestarlo es repartiendo la señal a transmitir entre numerosas subportadoras, cada una de las cuales transporta una fracción del caudal, en lo que se conoce como la técnica OFDM (Orthogonal Frequency Diversity Multiplexing -Multiplexaje por división de frecuencias ortogonales-).

OFDM es utilizado ya en 802.11 a y g pero en 802.16 se incrementa el número de subportadoras y se introduce la posibilidad de hacer este número variable en función del ancho de banda del canal, pudiéndose inclusive utilizar como mecanismo de compartición del canal en lo que se conoce como OFDMA (Orthogonal Frequency Diversity Multiple Access – Acceso múltiple por diversidad de portadoras ortogonales).



El término ortogonal se refiere en este caso a que las portadoras se seleccionan de manera de minimizar la interferencia entre ellas gracias a la propiedad matemática de ortogonalidad.

El IEEE 802.16 hace un uso más eficiente del canal de comunicaciones porque la estación base es capaz de programar los tiempos de acceso de cada unos los clientes.

Como se ha mencionado anteriormente, la cobertura útil de una red con IEEE 802.11 depende crucialmente del número de nodos ocultos. En este aspecto, IEEE 802.16 es muy superior porque permite la asignación de cierto ancho de banda a un cliente (usando TDMA) sin tener que preocuparse por posibles colisiones. El uso de TDMA también favorece la incorporación de antenas inteligentes capaces de modificar dinámicamente la dirección y forma de su haz. Una antena inteligente combina múltiples elementos asociados a un procesador de señal capaz de optimizar el haz de cobertura automáticamente.

En 802.16 también se permite la conexión directa entre clientes, e inclusive el reenvio de la información a otros nodos, sin necesidad de la mediación de la estación base, en lo que se conoce como la tecnología “mesh”.



Los canales de bajada y de subida en 802.16 son totalmente asimétricos, pudiendo inclusive utilizar diferentes tipos de modulación.

3.2 Escalabilidad y rendimiento

Mientras que IEEE 802.11 tiene un ancho de canal fijo de 20 MHz, IEEE 802.16 ofrece la flexibilidad de escoger el ancho de banda que se usa en cada canal de radio. Los canales pueden ser mucho mas estrechos desde 1,5 MHz hasta un máximo de 20 MHz. Esta posibilidad tiene implicaciones directas en el mejor uso del espectro y la planificación de una red celular. El número máximo de canales no solapados es de 3 en IEEE 802.11b y 8 en IEEE 802.11a. En el caso de IEEE 802.16 el número de canales está limitado únicamente por el espectro disponible.

Respecto a la eficiencia espectral, IEEE 802.11 es capaz de enviar un máximo de 2,7 bps/Hz. En un canal de 20 MHz puede tranferir un máximo de 54 Mbps. IEEE 802.16 puede enviar un máximo de 70 Mbps en el mismo canal de 20 MHz. Estos valores son los máximos porque el rendimiento neto depende de la existencia de linea de vista, interferencias y otros factores. Es realista pensar en valores útiles en torno a los 50 Mbps a distancias cortas. IEEE802.11n ofrece una tasa de transmisión teórica máxima de 200 Mbps en el mismo canal de 20 Mhz.

3.3 Calidad de Servicio

La calidad de servicio en IEEE 802.11 se ha mejorado tras la inclusión del estándar IEEE 802.11e. Desgraciadamente, IEEE 802.11e sólo incluye un soporte limitado basado en la priorización de tráfico. IEEE 802.16 implementa reglas más complejas y permite la asignación de atributos de calidad de servicio a cada uno de los flujos de tráfico entre la estación cliente y el punto de acceso.

3.4 IEEE 802.16d-2004

Esta enmienda contempla un solo mecanismo de acceso al medio, pero tres capas físicas: una que utiliza una sola portadora, otra que utiliza OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) con 256 subportadoras y la tercera con 2048 subportadoras OFDM. Esto se alinea con el estándar HiperMAN de ETSI (European Telecommunication Standards Institute) con la excepción de que este último sólo emplea OFDM. Los esquemas de modulación y de codificación pueden ser adaptativos, dependiendo de la distancia a la que se encuentra el suscritor de la estación base, sacrificando tasa de transmisión

en aras de mantener servicio a los suscritores más alejados. La eficiencia espectral es mayor que la de 802.11a/g pero menor que la de 802.11n.

3.4.1 Configuración Básica

La configuración básica consiste de una Estación Base (BS) conectada a la red pública bien sea por fibra óptica, enlace satelital u otro enlace de radio, que le da servicio a cierto número de estaciones de suscritor (SS) en una configuración Punto-Multipunto, aunque el estándar también contempla la posibilidad de conexión directa entre SS en una configuración de malla (mesh). Se pueden ofrecer múltiples servicios con diferentes niveles de QoS (Quality of Service) simultáneamente, muy conveniente para multimedia.

Todo el tráfico es orientado a conexión para permitir los niveles de calidad de servicio requeridos.

Tanto la estación base como las de suscritores son fijas, y éstas últimas pueden dar servicio a todo un edificio en combinación con otras tecnologías, como WiFi o PLC (Power Line Communication), también conocida como BPL (Broadband over Power Lines), que consiste en utilizar el cableado eléctrico existente para transmisión de datos a alta velocidad.



El mecanismo de acceso al medio es TDM/TDMA (Time Division Multiplexing/Time Division Multiple Access), lo que significa que la estación base transmite a diferentes suscritores en diferentes ranuras de tiempo. Cuando una SS requiere transmitir una trama envía la solicitud a la BS quien le adjudicará un cierto número de ranuras de tiempo en el canal ascendente dependiendo de la calidad de servicio solicitado y de la disponibilidad. Las capacidades de la SS se conocen en el momento de la inicialización.

Existen tres maneras de manejar las dos direcciones de tráfico: FDD (Frequency Diversity Duplexing) , TDD (Time Diversity Duplexing) y Half Duplex.

En la primera se utilizan dos bandas de frecuencias, una para cada sentido de tráfico. Ambas bandas deben estar separadas por un intervalo que permita que los filtros de RF separen los dos canales de tráfico. Esto significa que el operador debe disponer de canales “pareados”, separados por un espacio que él no puede usar, lo que le resta flexibilidad y eficiencia en el uso del espectro a esta solución.

En TDD se utiliza la misma frecuencia para ambas direcciones de tráfico, pero en intervalos de tiempo distintos. Los intervalos son tan cortos que el usuario tiene percepción de que el tráfico es simultáneo. Esta solución es más económica, porque no requiere de filtros costosos como la anterior y es más flexible en el uso del espectro al no exigir canales pareados ni banda de guarda entre los mismos por lo que es la más difundida. En el enlace ascendente a cada SS se le asigna una ráfaga mientras que en el descendente a cada SS se le asigna un número variable de ranuras de tiempo. Esto permite

utilizar canales asimétricos, es decir, que pueden tener diferentes velocidades de transmisión en cada sentido del tráfico, cambiables dinámicamente según los requerimientos.
En Half Duplex se utiliza una sola frecuencia, tanto para el canal descendente (downlink) como para el canal ascendente (uplink) pero se emplea un tiempo significativo en la conmutación del canal y no es posible la transmisión y recepción simultáneas.

3.5 WiBro

La primera aplicación en gran escala de la tecnología WiMAX se realizó en Corea en el 2006, en la banda de 2,3 GHz y con canales de 9 MHz, utilizando un estándar propio denominado WiBro. Ermanno Pietrosemoli tuvo la oportunidad de presenciar la demostración de este producto que hizo la empresa Samsung en la isla de Jeju, Corea del Sur, en agosto del 2005. Se comprobó el "handover" (transferencia de una estación base a otra) en un vehículo que se desplazaba a 80 km/h. La tasa de transmisión permitía video de buena calidad y rápida transferencia de archivos.



Figura 3: Estación Base WiBRO de Samsung. Corea del Sur. Agosto 2005.

En la actualidad WiBro se ha alineado con el estándard 802.16e-2005 y constituye uno de los perfiles aceptados como parte de WiMAX móvil.

3.6 Conclusión

Desde el punto de vista técnico está claro que WiMAX resuelve muchos de los retos presentes en enlaces inalámbricos en exteriores. A la hora de seleccionar una tecnología es necesario considerar no sólo los aspectos técnicos sino la totalidad del escenario que queremos construir. Nos debemos preguntar qué funcionalidades queremos implementar y si el precio de esas funcionalidades y mejoras es justificado. Al día de hoy, las soluciones WiFi o las que hacen uso de extensiones propietarias ofrecen la mejor relación funcionalidad-precio.



La explicación de esta relación calidad-precio es simple. El mercado de WiMAX no son las redes comunitarias o el consumidor local. WiMAX quiere penetrar el mercado de las telecomunicaciones del lado de los operadores y sobre todo el acceso inalámbrico en entornos metropolitanos.

El mercado de las MAN (Metropolitan Area Network)es un mercado urbano con gran densidad de población que permite rápidos retornos de la inversión en infraestructura. Los equipos son más caros pero el mercado también es más grande. En zonas rurales, las inversiones en WiMAX van a estar fuera del alcance de la mayoría por bastante tiempo. Los precios de las estaciones base rondan los 10,000 USD para un solo sector y pueden alcanzar los 30,000 USD por una solución multisector. Al precio de la estación base se debe añadir los equipos de alimentación energética, la torre, seguridad física etc.

Para entender el mercado de WiMAX es necesario entender los modelos de negocio de las compañías de telefonía celular. El costo de los equipos cliente probablemente sea subvencionado (350-500 USD) de la misma forma que los teléfonos celulares lo fueron en su momento. Este modelo es difícilmente replicable en un entorno rural donde la capacidad de inversión es muy pequeña. Es por eso que las redes que usan WiFi ofrecen un modelo más lineal de inversión: las estaciones base de alta calidad rondan los 1000 USD y se pueden instalar clientes por unos 130 USD.

WiMAX es una tecnología a considerar en entornos rurales donde el costo de ancho de banda internacional sea relativamente pequeño. La construcción de una red con WiMAX que usa una salida internacional por satélite es una opción difícilmente justificable.



Otro aspecto que no debemos olvidar es el consumo de energía. Las soluciones que usan WiMAX requieren mucha más energía que las basadas en WiFi. Una estación típica que opera seis sectores necesita una potencia de 1500 W. Los clientes actuales necesitan entre 15 y 30 W.

4. Soluciones no Estándar

Como se mencionó en la introducción, varios fabricantes e integradores ofrecen equipos que, apartándose en diferentes grados de los estándares establecido, logran buenas prestaciones a precios razonables. Aunque generalmente es preferible irse por equipo estandarizado, a veces puede ser conveniente utilizar alguna de estas soluciones.Describiremos brevemente algunas con las que hemos trabajado.

4.1 MIKROTIK

Mikrotik es una empresa basada en Riga, Latvia, que tiene muchos a años de experiencia con redes inalámbricas. Ha desarrollado su propio softtware para enrutamiento y vende las licencias respectivas en función de las prestaciones requeridas. El producto principal se llama ***RouterOS***, está basado en Linux y ofrece la mayoría de las funcionalidades requeridas de un enrutador, con funciones como cortafuego, redes privadas virtuales (VPN), control de ancho de banda y funcionalidades de Punto de Acceso y Puente inalámbrico. Este software permite implementar un enrutador a partir de cualquier PC que soporte Linux y las interfaces requeridas. Mikrotik también suministra dispositivos conocidos como "***routerboards***" , que representan un caso particular de "***single board computers -SBC-***" específicamente diseñados para realizar funciones de enrutamiento por lo que soportan varias interfaces de red, alguna de las cuales pueden ser inalámbricas, generalmente utilizando el formato miniPCI.

Los routerboards más comunes son el RB 532 y el nuevo RB 333 con mejores prestaciones.

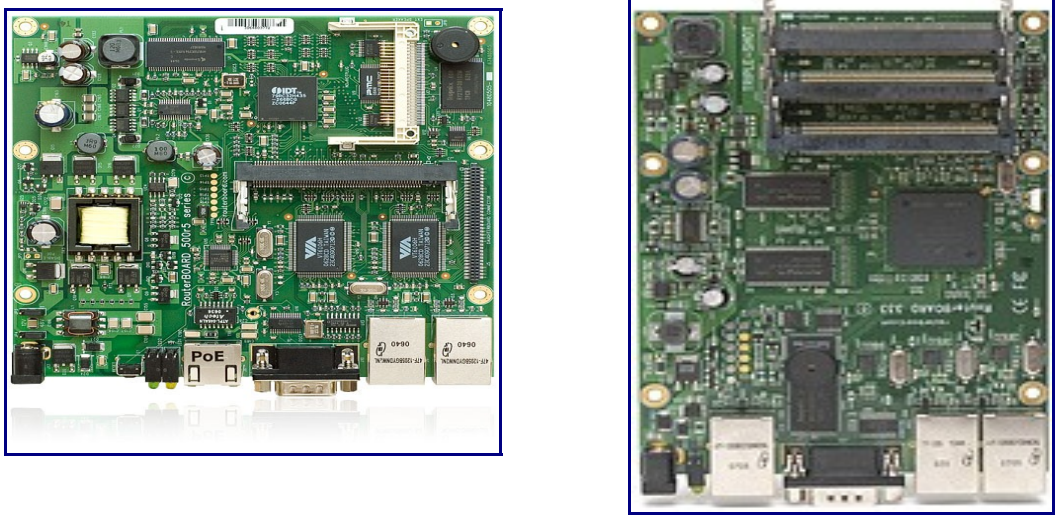


Figura 4: Routerboard RB 532 y RB333

Este último usa un procesador PowerPC y tiene tres ranuras para tarjetas miniPCI por lo que puede manejar hasta 3 radios en diferentes bandas de frecuencia.http://routerboard.com/comparison.html

Mikrotik también tiene un software más especializado, denominado ***Nstreme***, que facilita la implementación de enlaces de larga distancia porque basta configurar los equipos indicando la longitud del trayecto sobre el que van a operar, soportando centenares de kilómetros. La versión ***Nstreme2*** permite implementar *FDD -Frequency Diversity Duplexing- ,* por lo que en plataformas con dos radios se puede tener simultáneamente transmisión y recepción con el consiguiente aumento del rendimiento.

Nstreme también puede funcionar en la modalidad punto-multipunto, en cuyo caso emplea sondeo (polling) de las estaciones conectadas para ofrecer un método de acceso al medio más eficiente a largas distancias que CSMA/CA.



Nótese que los dispositivos Mikrotik pueden conectarse con otros que implementen el estándar 802.11, pero sacrificando las características de mayor alcance y velocidad de transmisión.

4.2 Alvarion

Esta empresa de origen israelí desde hace varios años se ha dedicado a fabricar equipos inalámbricos adecuados para trabajar en ambientes hostiles. En 2002, en ocasión de seleccionar un puente inalámbrico que pudiera operar a 4765 m de altura, Ermanno constató que la mayoría de los fabricantes sólo garantizan el funcionamiento de sus equipos hasta 3000 m de altura. Al investigar sobre el tema se encontró que el motivo es que al disminuir la densidad del aire con la altura se hace menos eficiente el mecanismo de transferencia de calor por la disminución del número de moléculas de aire disponibles para transferir el calor al ambiente. Por esto, para operar a grandes alturas los dispositivos electrónicos deben estar dotados de disipadores térmicos sobredimensionados.

Es un tema que vale la pena mencionar porque es frecuente que escojamos sitios altos para aumentar el alcance de las transmisiones, y porque en América del Sur hay poblaciones a grandes alturas.

En consecuencia, en octubre del 2002 instalamos un enlace entre el Pico Espejo, a 4765m de altura y un laboratorio de la Universidad de los Andes a 1800 m de altura, en un trayecto de 16 km, utilizando los equipos DS 5800 de Alvarion que operan en la banda de 5,8 GHz. Este enlace se utiliza para transmitir datos científicos recabados por diferentes instrumentos como se muestra en la Fig.5.

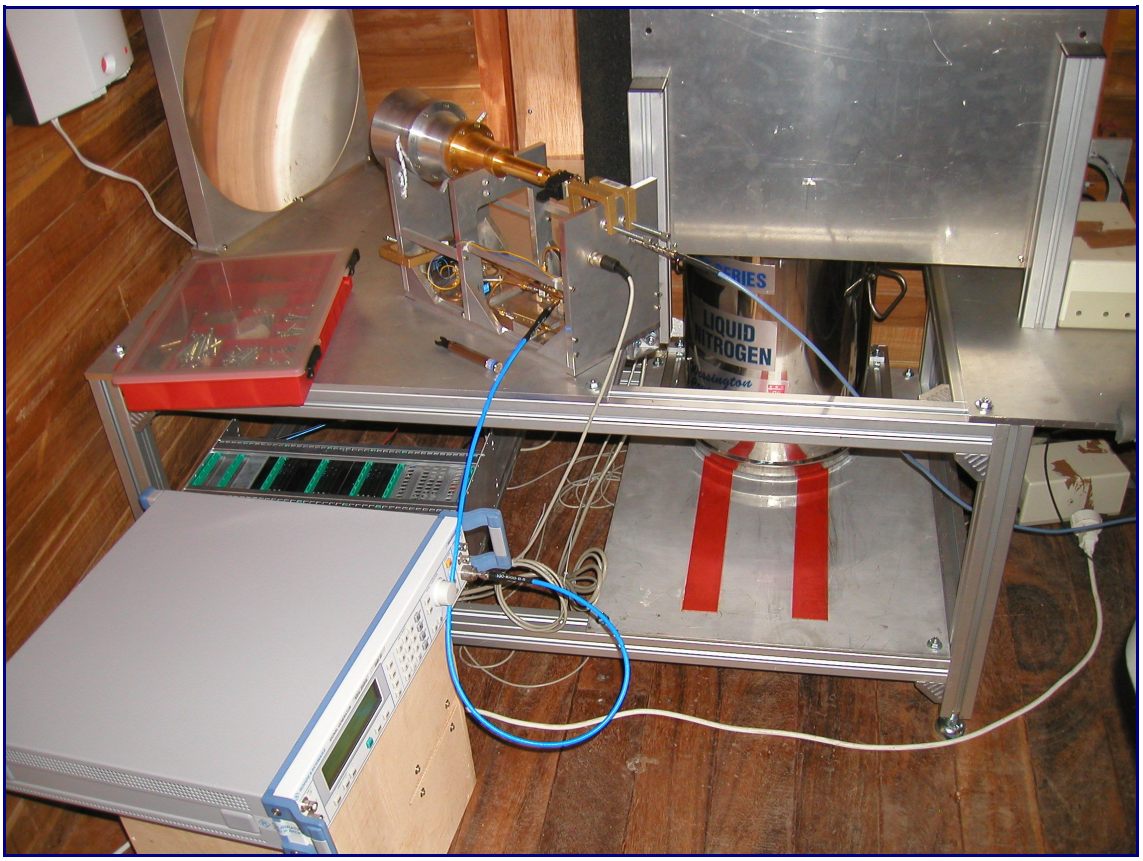


Figura 5: Receptor para señales de 270 GHz. Nótese la calidad de la antena reflectora y la utilización de nitrógeno líquido para disminuir la temperatura de ruido del receptor. Estación Alejandro Humboldt, Pico Espejo, Estado Mérida, Venezuela. http://www.cecalc.ula.ve/redbc/estaciones/estacion_pico_espejo_mars.html

Estos instrumentos sondean el ambiente y la atmósfera, en particular para el monitoreo de la capa de ozono, como parte del proyecto MARS (Merida Atmospheric Research Station). También se instaló una videocámara que transmite imágenes en vivo del Pico Bolívar, junto con información sobre la insolación, presión atmosférica y temperatura, datos disponibles en http://www-imk.fzk.de/imk2/mira/Merida/Merida.html

Como muchos sistemas de este tipo, el DS5800 consta de una unidad para instalacion interna (IDU-InDoor Unit) que se muestra en la figura 3 y una unidad externa (ODU OutDoorUnit) a prueba de intemperie que se muestra en la figura 4. Nótese las aletas de disipación térmica y la antena plana incorporada.

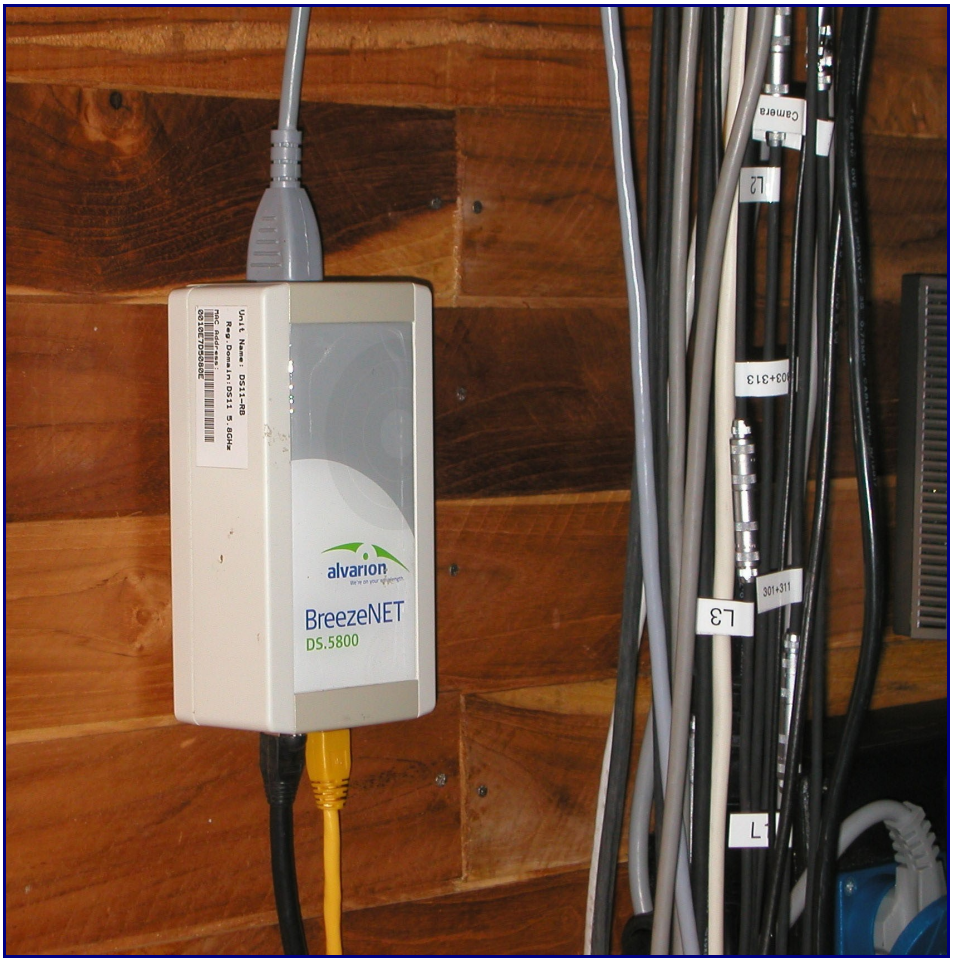


Figura 6: IDU del Alvarion DS5800 instalado en pico Espejo.



Figura 7: Unidad externa Alvarion DS5800 con antena plana.

En la actualidad Alvarion ha convertido esta línea de productos al estándar WiMAX, siendo uno de los fundadores del WiMAX Forum. Estuvieron entre los primero fabricantes en someter sus equipos a las pruebas de interoperabilidad de WiMAX fijo.



Figura 8: Línea de productos WiMAX de Alvarion.

La solución para WiMAX móvil de Alvarion está siendo evaluada para su despliegue en Rosario, Argentina, por ERTACH en 3,5 GHz. Ver http://www.dailywireless.org/2007/10/10/

4.3 Canopy

Esta línea de productos de Motorola ha tenido gran aceptación, gracias a la gran experiencia de la empresa en tecnología inalámbrica. Se ofrece en varias gamas de frecuencias, 900 MHz, 2400 MHz, 5,15 GHZ, 5,4 GHz y 5,8 GHz. Son soluciones muy versátiles, con una caja plástica a prueba de intemperie que incorpora el radio y una antena de 8 dBi, alimentada a través del cable UTP para exteriores mediante PoE. El alcance se puede aumentar fácilmente añadiendo un reflector parabólico que incrementa la ganancia a 26 dBi. Hay varias opciones con diferentes caudales, en configuración punto a punto que alcanzan varias decenas de kilómetros, o punto a multipunto con unos pocos kilómetros. En el último caso, se pueden combinar hasta 6 unidades, cada una dotada de una antena sectorial de 60 grados, para obtener una estación base con cobertura de 360 grados. Como este es un sistema TDMA, al combinar varios AP en el mismo sitio se requiere de un receptor GPS para sincronización. El sistema de modulación empleado es muy robusto, por lo que puede tolerar bastante interferencia, ya que requiere de apenas 3 dB de relación de portadora a interferencia. La contrapartida es que la eficiencia espectral es modesta, por lo que Motorola está ofreciendo también soluciones basadas en WiMAX móvil, denominada motoWi4. Ver www.motorola.com/motowi4

Motorola sigue ofreciendo también otros productos que ofrecen muy buenas prestaciones en términos de distancia y tasa de transmisión, alcanzando los 300Mbps y 200 km, pero a costos significativos.

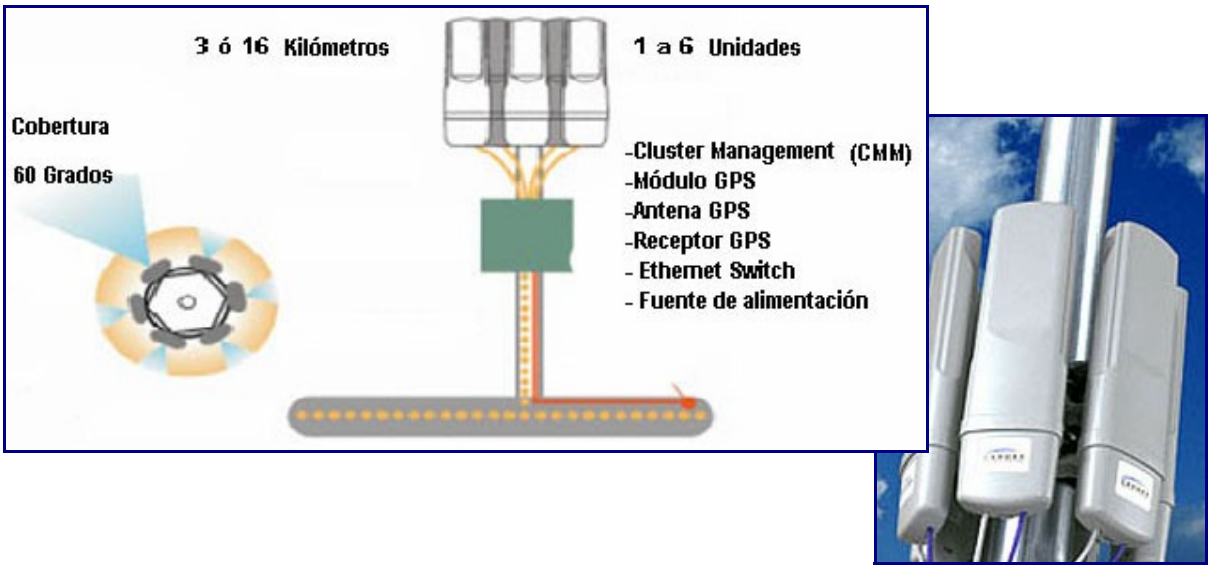


Figura 9: Estación Base Motorola Canopy.



Figura 10: Enrutador inalámbrico Motorola Canopy con reflector parabólico para aumentar la ganancia.

El enrutador inalámbrico Canopy está alojado en una caja plástica a prueba de intemperie que contiene también una antena de 8 dBi. Se puede utilizar independietemente, o con un reflector parabólico que aumenta la ganancia a 26 dBi.

5. Conclusiones

La oferta de soluciones inalámbricas para enlaces en exteriores ha mejorado notablemente en los últimos años, tanto en gama de productos como en precios. Está por verse si WiMAX puede realmente acorralar el mercado y convertirse en la solución preferida, o si va a correr la misma suerte de ATM, una solución técnicamente impecable pero que no pudo competir en precio con Ethernet. El equivalente de Ethernet en est caso es WiFi, que con las enmiendas **e** y **n** al estándar 802.11 compite en ciertas prestaciones con WiMAX manteniendo un precio más bajo.

Los cinco puntos principales que usted debe recordar de esta unidad se pueden resumir en:

1. El Estándar IEEE 802.16 es la base de WiMAX.
2. Hay dos versiones de WiMAX, una orientada a clientes fijos, basada en IEEE 802.16-2004 (802.16d) y otra para clientes móviles, basada en IEEE 802.16-2005 (802.16e).

3. Aunque WiMAX tiene muchas ventajas técnicas con respecto a WiFi, este último ha continuado avanzando y colmando muchas de las lagunas del estándar original, manteniendo una notable ventaja económica .

4. WiFi es más accesible para organizaciones que quieran instalar su propia infraestructura, mientras que WiMAX normalmente es instalado por una empresa especializada

5. Aunque existen soluciones comerciales para redes inalámbricas que pueden ser las más convenientes en algunos casos, en general es preferible utilizar soluciones estándar que presentan mejores garantías de continuidad de soporte en el tiempo.

6. Recursos Adicionales

6.1 En Línea

www.**wimaxforum**.org

Este es el sitio oficial del foro WiMAX. Los materiales están en inglés.

http://wireless.ictp.it

Toda la información sobre los cursos de redes inalámbricas que se dictan en el ICTP anualmente, y una buena colección de materiales en inglés sobre redes inalámbricas.

http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX

Buena reseña de los despliegues WiMax en América Latina además de las generalidades de WiMAX.

7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia 3.0 **Atribución-NoComercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Unidad 14



WiMAX y Soluciones no Estándar

Desarrollado por: Alberto Escudero Pascual, IT +46 y Ermanno Pietrosemoli, EsLaREd

Objetivos



- Hacer un esbozo de la tecnología WiMAX, su motivación y compararla con WiFI
- Revisar algunas soluciones comerciales no estandarizadas que han tenido aceptación en la realización de redes inalámbricas comunitarias de mediano y largo alcance

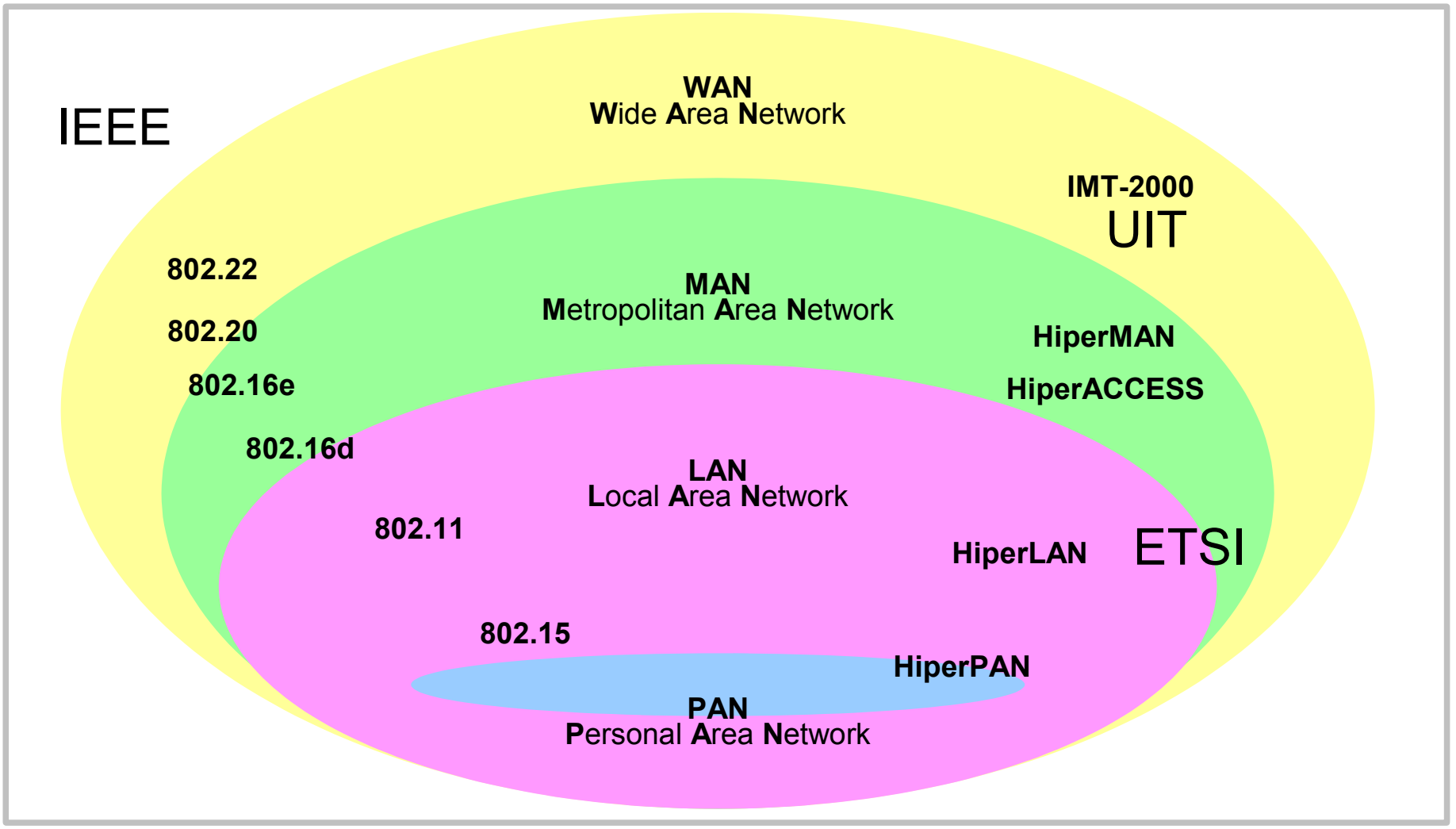
Índice



- Introducción
- Estándares para redes Inalámbricas
- WiMAX
- Soluciones no Estándar
  - Alvarion
  - Canopy
  - MIKROTIK
  - Lobometrics

Estándares para redes Inalámbricas





Introducción



- Subasta pública en 2000 en Venezuela de la banda de frecuencias entre 3400 y 3500 MHz para prestar servicios de voz y datos mediante tecnología inalámbrica.
- No tuvo éxito por las siguientes razones:
  - Inexistencia de estándares
  - Necesidad de existencia de línea de vista entre la estación base y cada cliente
- Ambos factores inciden fuertemente en el costo del despliegue y explican la necesidad de establecer un estándar para redes de mediano y largo alcance, que no requiera necesariamente de línea visual. Este estándar es el IEEE 802.16, sobre el que se basa WiMAX

IEEE 802.16



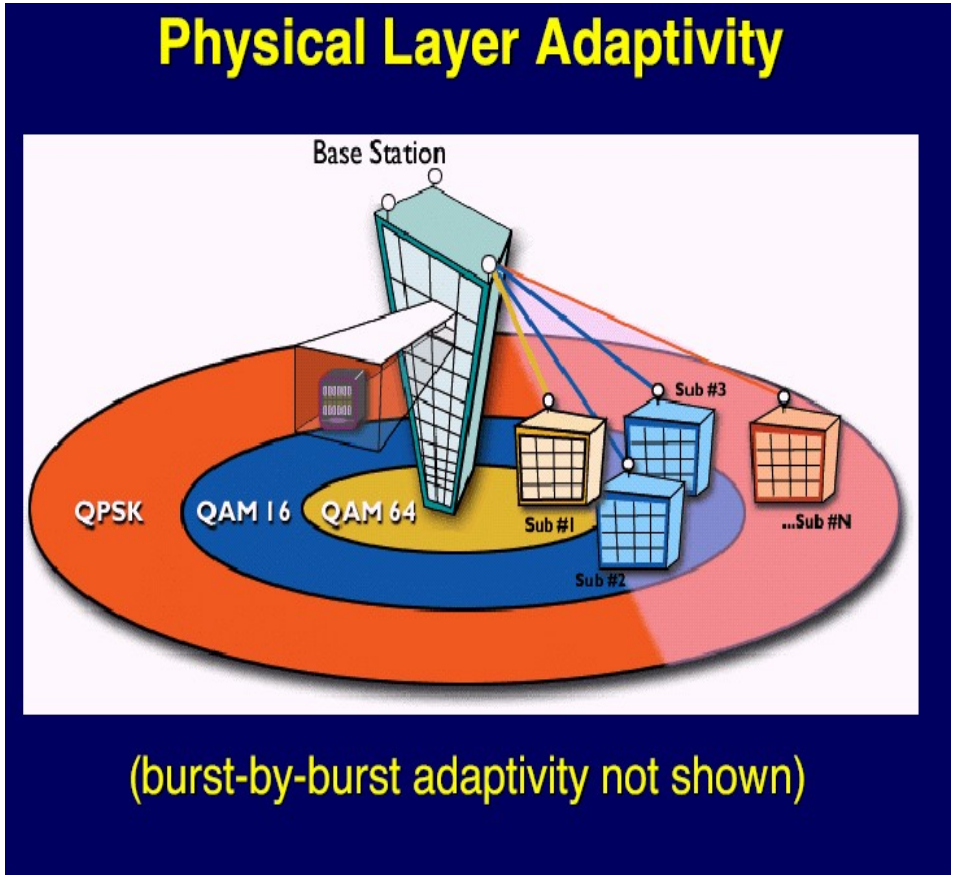
- Nace como estándar para redes inalámbricas metropolitanas (alta velocidad, alcance de decenas de km) para frecuencias entre 11 y 66 GHz.
- Punto a Punto o Punto a Multipunto
- Primera enmienda para extender el rango de operación a frecuencias inferiores a 11 GHz, con lo que ya no es imprescindible la línea de vista, gracias también a OFDM

Perfil adaptativo por ráfagas

- Perfil de Ráfaga (Burst Profile)

  Modulación y FEC asignados dinámicamente de acuerdo a las condiciones del enlace: Intercambio de capacidad por robustez

- Las capacidades de la SS se conocen en el momento de inicialización



Esquemas de duplexing



- TDD
  - Los enlaces descendentes y ascendentes comparten el mismo canal de RF
  - Asimetría dinámica. Eficiente uso del espectro. Tiempo de guarda. Optimizado para paquetes.
  - SS no transmite y recibe simultáneamente, lo que permite reducir costos. Necesita más potencia.
- FDD
  - Asimetría estática. Necesidad de banda de guarda
  - En Half Duplex el costo es bajo

IEEE 802.16



- Desde el principio incorpora calidad de servicio (QoS) para satisfacer las necesidades del tráfico interactivo (voz y video)
- Tolerancia a la multitrayectoria y hasta aprovechamiento de la misma mediante MIMO
- Mejor eficiencia espectral y variedad de técnicas de utilización del canal, SC, OFDM, OFDMA, TDD, FDD
- Flexibilidad en manejo del ancho de bandoa y del espectr, canales variables y asimétricos, espectro libre o protegido

802.16 Versus 802.11



- QoS Multimedia, no hay contienda por el uso del canal. (802.11e ofrece QoS)
- Muchos usuarios adicionales
- Mayores tasas efectivas de transmisión, hasta 75 Mbps en canales de 20 MHz (pero 802.11n tiene aún mayores tasas de transmisión)
- Mucho mayor alcance
- Canales de ancho de banda variable
- Mejor eficiencia espectral, ~5 bps/Hz

  (802.11n tiene mejor eficiencia espectral)

Dos mercados distintos



- En países con limitada infraestructura de telecomunicaciones, acceso fijo o nomádico a voz y datos, con antenas externas, posiblemente en combinación con otras tecnologías como WiFi, PLC o Ethernet.
  - Basado en la enmienda **d** del estándar 802.16 aprobada en 2004
- En países con buena infraestructura de telecomunicaciones, acceso móvil a voz y datos
  - Basado en la enmienda **e** del estándar 802.16 aprobada en 2005

WiMAX : Wireless Microwave Access



- Organización sin fines de lucro patrocinada por varias empresas para definir “perfiles” dentro del estándar y garantizar la interoperabilidad de los productos
- Pruebas contratadas con dos laboratorios independientes de las empresas, en España y en Corea del Sur.
- Promoción de la tecnología de manera similar a lo que la WiFi Alliance hizo por el 802.11

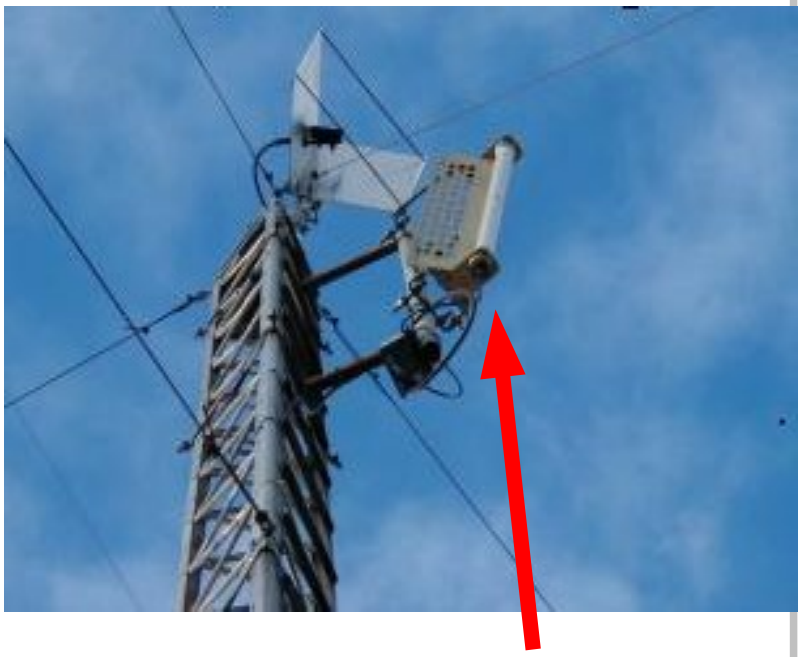
WiMAX Fijo y Móvil

- Las dos versiones del estándar son incompatibles entre sí porque utilizan diferentes técnicas de acceso al medio
- Sin embargo algunos fabricantes ofrecen dispositivos que implementan ambas versiones del estándar
- Se habla entonces WiMAX Fijo y Móvil, aunque puede haber solapamiento
- La solución móvil tiene un alcance mucho menor, del orden de un par de kilómetros, mientras que la fija, con antenas de suscritor externas, puede llegar a decenas de kilómetros si existe línea visual



WiMax Vs WiFi

- WiFi fue diseñado para redes con pocos clientes muy cercanos al punto de acceso
- Tiene muchas limitaciones al aplicarlo en exteriores a distancias de kilómetros debido al problema del nodo oculto y del tiempo de espera para recibir ACK de la trama enviada
- Soluciones comerciales como Solectek y Lucent utilizan un mecanismo no estándar, el sondeo (*polling*) para resolver esta limitación



Antena de Solectek,1997

WMM: WiFi Multimedia



- Otra Limitación de WiFi es que no tenía mecanismos para ofrecer QoS.
- Estos fueron incorporados con 802.11e, que establece 4 categorías de prioridad de tráfico:
  - Voz
  - Video
  - Mejor Esfuerzo
  - Baja Prioridad

Escalabilidad y Rendimiento



- WiFi usa canales de 20 MHz, WiMAX es flexible permitiendo canales desde 1,5 MHz hasta 20 MHz, con eficiencia espectral superior a la de 802.11 a y g pero inferior a la de 802.11n
- La tasa de transmisión puede ser diferente en el canal de bajada y de subida, y para clientes cercanos y lejanos

WiBRO

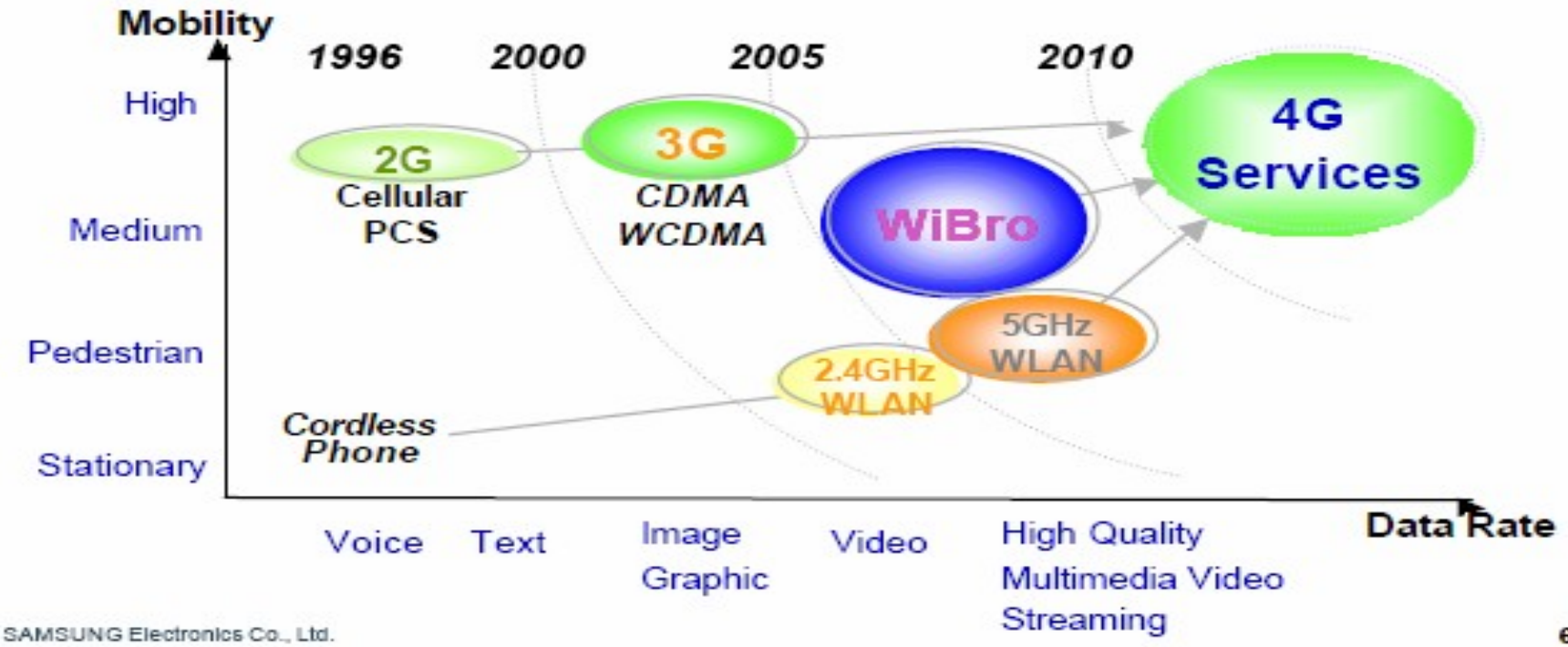
- Es una variante de WiMAX que fue la primera en ser instalada comercialmente (Corea del Sur en 2006)
- Ahora forma parte de los perfiles estandarizados de WiMAX móvil
- Implementa "*handover*" a velocidades de hasta 80 km/h
- Video de alta calidad y transferencia rápida de archivos.
- VoIp en terminales móviles pequeños



WiBRO

Service Position in Network Evolution

- WiBro is now located between WLAN and Cellular service.
- In the future, WiBro service will evolve to 4G Network which provide higher data rate and mobility



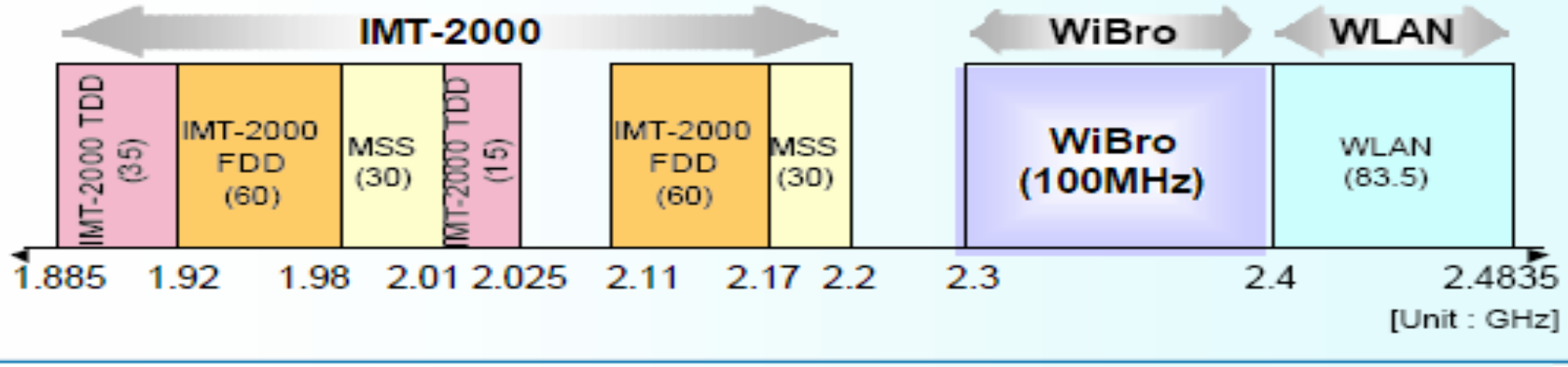
© SAMSUNG Electronics Co., Ltd.

WiBRO

WiBro Spectrum Allocation of Korea

- MIC allocated 2.3GHz spectrum for WiBro services (Official MIC notice, Dec. 2002)
  - Frequency BW : 2.3~2.4GHz
  - Purpose : WiBro (Portable Internet)
  - Usage : Fixed / Mobile

Spectrum Allocation Status



MIC : Ministry of Information and Communication

MSS : Mobile Satellite Service

© SAMSUNG Electronics Co., Ltd.

8/25

WiBRO



PHY Spec.

- Frequency Band : 2.3GHz (Korea)
- Channel Bandwidth : = 9MHz
- Duplex : TDD / 5msec frame
- Multiple Access : OFDMA
- Modulation : QPSK, 16QAM, 64QAM
- Channel Coding : CTC
- Cell Coverage : ~1km
- Maximum Data Rate
  - Sector throughput : DL : 18 Mbps, UL : 6 Mbps
  - User throughput : DL : 3 Mbps, UL :1 Mbps
- Optional AAS support

CTC : Convolution Turbo Code

AAS : Adaptive Antenna System

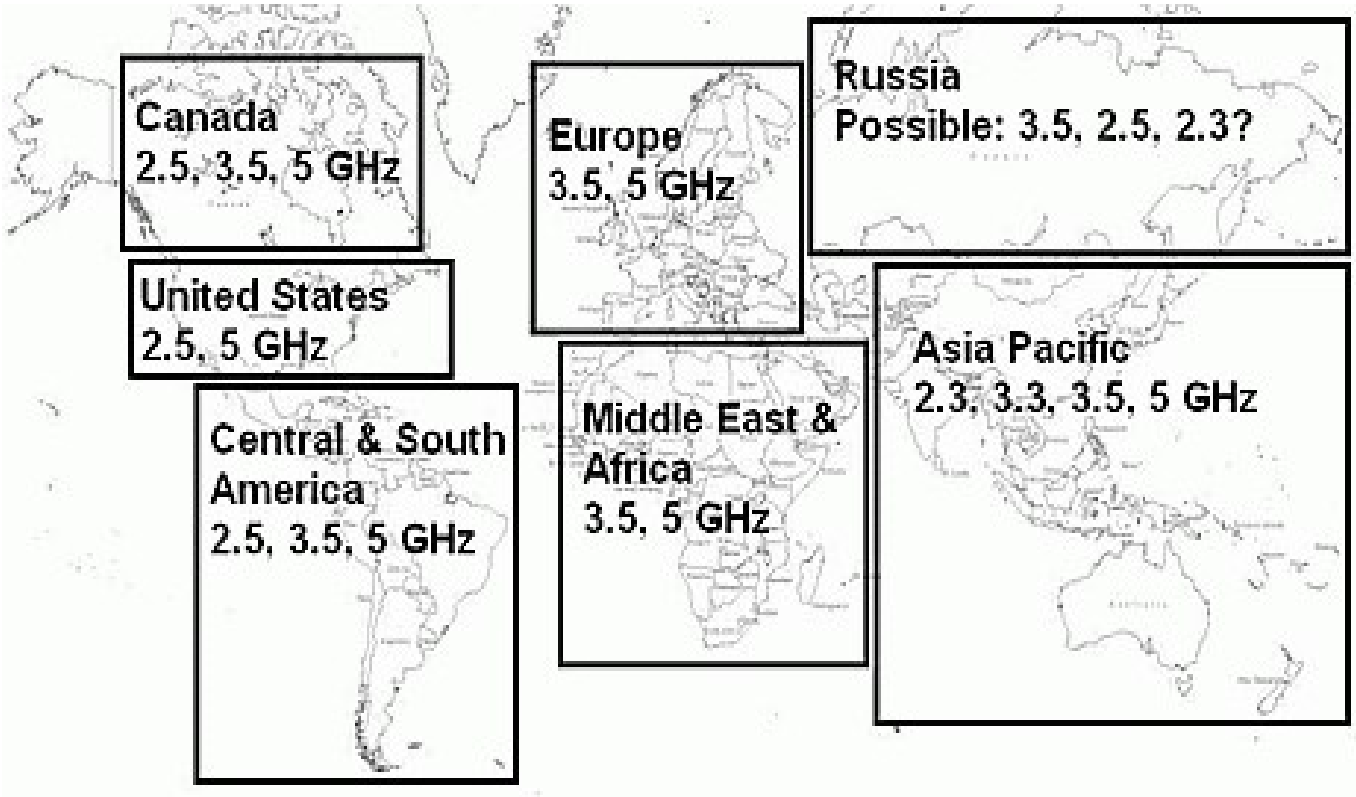
© SAMSUNG Electronics Co., Ltd.

13/25

WiMAX ahora un estándar UIT

- Banda de extensión IMT-2000 entre 2,5 GHz y 2,69 GHz
- Parte de los estándares IMT-2000
  - W-CDMA
  - CDMA- 2000
  - TD-SCDMA
  - OFDMA TDD WMAN

Nueva adjudicación de Espectro para WiMAX por UIT



Potencial de alcanzar 2,7 millardos de personas
http://www.dailywireless.org/2007/09/10/luxor-wimaxed/

IEEE 802.22 y Cognitive Radio



- Reutilización del espectro adjudicado a televisión entre 54 y 862 MHz
- Apropiado para comunicaciones rurales gracias a su mayor alcance
- Potencia máxima de 1W para dispositivos fijos y de 100 mW para móviles

Soluciones no Estándar



- Alvarion
- Motorola Canopy
- Mikrotik
- Lobometrics

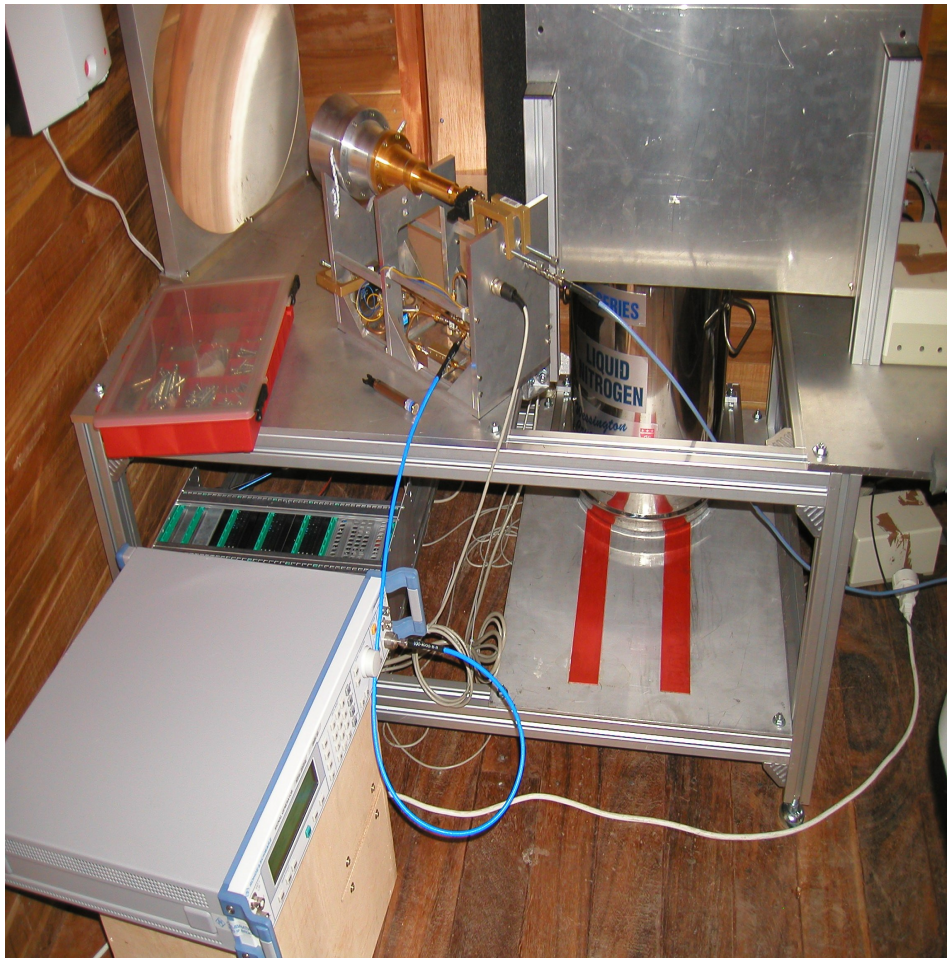
Alvarion



- Ofrece una variedad de equipos inalámbricos para diferentes aplicaciones,
- Originalmente equipos privativos, pero ahora homologados WiMAX
- En Mérida se instaló en 2002 un enlace desde una estación de recolección de datos atmosféricos situada a 4765 m de altura hasta la universidad, a una altura de 1800 m y una distancia de 15 km
- También se instaló una cámara que transmite imágenes del pico Bolívar en tiempo rea, además de otros datos : http://www-imk.fzk.de/imk2/mira/Merida/Merida.html

Instrumentos instalados en MARS

Receptor para señales de 270 GHz. Nótese la calidad de la antena reflectora y la utilización de nitrógeno líquido para disminuir la temperatura de ruido del receptor. Estación Alejandro Humboldt, Pico Espejo, Estado Mérida, Venezuela. http://www.cecalc.ula.ve



Alvarion DS 5800, Pico Espejo

ODU



IDU



Alvarion 4 motion



- La solución para WiMAX móvil de Alvarion está siendo evaluada para su despliegue en Rosario, por ERTACH en 3,5 GH

http://www.dailywireless.org/2007/10/10/

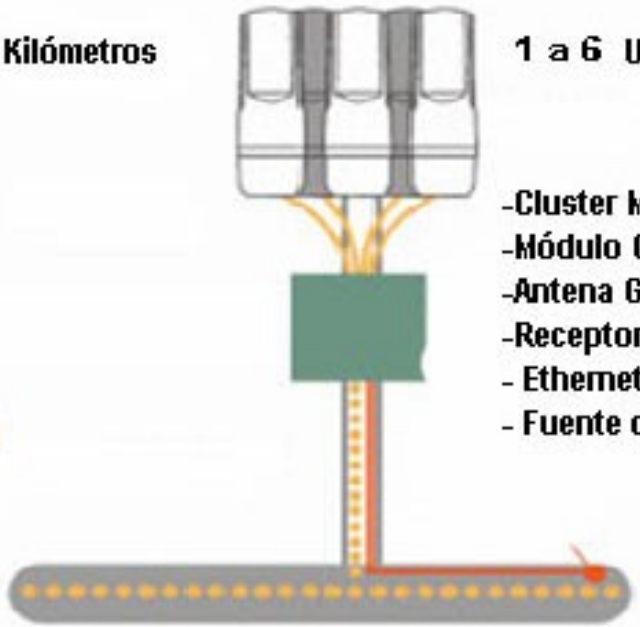
Motorola Canopy



- La línea Canopy es una solución flexible tanto para redes PtMp com PtPt
- Ofrece una variedad de velocidades de transmisión que llegan hasta 300 Mps
- Trabaja en todas las bandas exentas de licencia en EEUU, 900MHz, 2,4 GHz, 5,15 GHz, 5,4 GHz, 5,8 GHz

Estación Base Motorola Canopy





- -Cluster Management (CMM)
- -Módulo GPS
- -Antena GPS
- -Receptor GPS
- - Ethernet Switch
- - Fuente de alimentación



Cliente Motorola Canopy

- Gananacia de 26 dBi con el reflector, 8 dBi sin reflector
- PoE
- Protector contra rayos en el UTP
- Versiones para WiMAX



Mikrotik

- Sistema operativo que puede funcionar en diferentes plataformas, permitiendo enlaces de larga distancia, con diferentes funcionalidades dependiendo de la licencia que se haya adquirido
- También ofrecen hardware con SO preinstalado



hasta 3 radios en diferentes bandas de frecuencia

Lobometrics

- Rangos de hasta 190 km y con anchos de canal entre 5 y 40 MHz.
- Utilizan el mismo sistema operativo de Mikrotik por lo que pueden implementar FDD dedicando un radio a cada sentido de tráfico
- Al igual que Mikrotik, pueden comunicarse también con equipos 802.11 a/b/g, pero en este caso quedarían deshabilitadas las prestaciones especiales.
- Ofrecen enrutadores inalámbricos con hasta 3 radios y radios de hasta 600 mW de potencia y (supuestamente) -105 dBm de sensibilidad



www.lobometrics.com

Inmunidad a la interferencia de Canopy



- Optimizado para rechazar interferencia
- Los radios se prueban para comprobar que trabajan adecuadamente con 3 dB de C/I
- No sufre de autointerferencia gracias a la sincronización entre diferentes unidades mediante GPS
- Otros sistemas requieren C/I entre 8 y 25 dB

Conclusiones



Los cinco puntos principales que usted debe recordar de esta unidad se pueden resumir en:

1. El Estándar IEEE 802.16 es la base de WiMAX
2. Hay dos versiones de WiMAX, una orientada a clientes fijos, basada en IEEE 802.16-2004 (802.16d) y otra para clientes móviles, basada en IEEE 802.16-2005 (802.16e)
3. Aunque WiMAX tiene muchas ventajas técnicas con respecto a WiFi, este último a continuado avanzando y colmando muchas de las lagunas del estándar original, manteniendo una notable ventaja económica

Conclusiones



2. WiFi es más accesible para organizaciones que quieran instalar su propia infraestructura, mientras que WiMAX normalmente es instalado por una empresa especializada
3. Aunque existen soluciones comerciales para redes inalámbricas que pueden ser las más convenientes en algunos casos, en general es preferible utilizar soluciones estándar que presentan mejores garantías de continuidad en el tiempo.

Unidad 15: Sistemas de energía solar fotovoltaica para equipos de telecomunicaciones. Dimensionado

Desarrollado por: *Alberto Escudero-Pascual . IT+46. Con base en en el trabajo original de miembros de Ingeniería Sin Fronteras (ISF) y el Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid*

Tabla de contenido

1. Sobre este documento 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual 2
1.2 Grado de dificultad 2
1.3 Información sobre los iconos 2
2. Introducción 2
3. Datos generales 4
4. Características de los elementos del sistema 5
4.1 Paneles 5
4.2 Baterías 5
4.3 Regulador 5
4.4 Convertidor DC/AC 5
4.5 Equipos de consumo 5
5. Dos decisiones previas 6
6. Procedimiento de cálculo 7
6.1 Orientación de los paneles 7
6.1.1 Acimut 8
6.1.2 Inclinación 8
6.2 Corriente necesaria en el mes peor 9
6.3 Cálculos finales 10
6.3.1 Número paneles 10
6.3.2 Capacidad de la batería o acumulador 10
6.4 Regulador 11
6.5 Convertidor DC/AC 11
6.6 Cableado 12
7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual 16

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue desarrollado originalmente en castellano para el proyecto TRICALCAR.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

En el año 1998, la organización Ingeniería sin Fronteras (Federación Española) publicó la primera versión de un "Manual de Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo". El manual fue creado y editado por miembros de la ONG y expertos del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid. Por curiosidades de la historia, ninguno de los miembros del equipo de edición conservábamos el documento en formato electrónico y nunca se hicieron más ediciones. Han pasado casi diez años desde aquella primera edición y este documento es un esfuerzo de rescatar y extender dicho manual.

Con este rescate quiero agradecer el trabajo de los que fueron mis mentores en aquellos años de Universidad y coordinadores del manual original: Miguel Ángel Eguido Aguilera, Mercedes Montero Bartolomé y Julio Amador. Este trabajo esta licenciado bajo Creative Commons Attribution Share Alike Non-Commercial 3.0. Esperamos que este material sea un punto de partida para las siguientes ediciones y su extensión por parte de la comunidad.

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es "básico" .

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

El objetivo de esta unidad es calcular los elementos necesarios de la instalación fotovoltaica y sus parámetros. En primer lugar, el número y tipo de paneles que hacen falta para captar la energía

necesaria; en segundo lugar, la capacidad que ha de tener la batería o acumulador para poder disponer de energía en días de poco sol; y por último ser capaz de también elegir las características del resto de los elementos que integran el sistema (regulador, convertidor, cables, etcétera).

Este cálculo es importante porque los elementos de la instalación deben guardar entre sí la proporción justa y equilibrada. Si se calcula en exceso el generador fotovoltáico con el propósito de producir más energía, y el acumulador no tiene capacidad suficiente para almacenarla, se pierde la mayoría de ella. Un regulador de menor amperaje que el indicado, o un simple conductor de sección insuficiente pueden ser causa de avería y paralización de la instalación. El tamaño de los elementos es especialmente importante cuando se necesita instalar baterías y paneles en lo alto de torres de comunicaciones.



No hay que olvidar que el "modo de consumo" de energía eléctrica producida con energía solar es distinto del de la energía producida por métodos tradicionales (¡una bombilla que quede encendida por descuido puede ser fatal!). El "combustible" de los sistemas fotovoltaicos, la radiación solar, tiene un comportamiento de difícil predicción, y nunca se puede predecir si el sistema va a dar en todo momento la energía que se necesita.

El diseño del sistema parte de un consumo estimado inicialmente, y que si el usuario excede habitualmente producirá frecuentes fallos en el suministro.

El *método de diseño* consiste en estimar las necesidades energéticas, y en función de ello calcular el sistema para que funcione correctamente el mayor tiempo posible, es decir, de forma que sea lo más fiable posible. Lógicamente, cuantos más paneles y acumuladores se instalen, más energía se podrá captar y almacenar; luego de más energía se podrá disponer en el momento en que se necesite. Aumentará la fiabilidad de la instalación, pero también aumentará su coste.

Hay instalaciones fotovoltaicas, por ejemplo el suministro de energía a un equipo de radioenlace en una red troncal, en las que el factor de fiabilidad es más importante que el coste. En una instalación cliente el coste va a ser el factor determinante. La búsqueda de un equilibrio entre coste y fiabilidad no es una tarea fácil, lo realmente importante es ser capaz de determinar lo que se espera de una instalación y a qué precio.

Existen diversos procedimientos de cálculo para mantener una fiabilidad dada con el mínimo coste, pero requieren un elevado número de datos de radiación solar para su utilización, no disponibles en muchas localidades.



*Esta guía propone un procedimiento bastante sencillo, el llamado **"método del mes peor"**, que consiste en calcular las dimensiones del sistema para que pueda funcionar en el mes en el que la demanda de energía es mayor respecto a la energía solar disponible (mes peor).*

Es un método de validez general, que proporciona resultados satisfactorios y es ampliamente utilizado.



En este método la fiabilidad se estima fijando el número máximo de días que el sistema puede funcionar sin que reciba radiación solar, durante los cuales todo el consumo se hace únicamente a expensas de la energía almacenada en la batería. Este número de días se conoce como el número máximo de días de autonomía (N). En definitiva, N está relacionado con el número de días consecutivos totalmente cubiertos que pueden producirse, durante los cuales los paneles no captan prácticamente energía.

A la hora de establecer *N*, hay que considerar tanto la climatología del lugar como el tipo de instalación, la importancia del servicio prestado (de iluminación de viviendas, hospital, fábrica, radioenlace, etcétera) y las limitaciones económicas, ya que a mayor sea *N*, mayor la inversión. También es importante evaluar los costes logísticos involucrados en el remplazo de una batería sobredescargada, no es lo mismo cambiar la batería de una instalación al pie de una carretera que hacerlo en lo alto de una torre de comunicaciones a varios días de camino.



El depender de tantos factores, y de que éstos no se puedan evaluar fácilmente, hace que no haya otra forma de fijar ***N*** *que a partir de la intuición y la experiencia. Para enlaces críticos de comunicaciones un buen número es* ***N = 5****, mientras que para enlaces clientes se pueden reducir ese número a* ***N = 3.***

Esta guía incluye una serie de tablas que facilitan la ordenación de todos los datos para el cálculo. Las tablas se incluyen al final de la unidad.

Antes de proceder con el cálculo veamos cuales son los datos, tanto técnicos como geográficos necesarios.

3. Datos generales

- **Latitud del lugar** . Con signo positivo en el hemisferio norte y negativo en el hemisferio sur.
- **Datos de radiación solar** . Para el método del “mes peor” basta con conocer doce valores, uno para cada mes. Son los valores medios mensuales de irradiación global diaria sobre plano horizontal (G_{dm} (0), en kWh/m ^{2} × día), es decir, la suma de los valores de irradiación global de todos los días del mes partida por el número de días del mes.

  Si disponemos de los datos en julios, se hace la conversión (1 J = 2.78 × 10 $^{-7}$ kWh).

Existen datos de G_{dm} (0) de muchos lugares del mundo recogidos en tablas y bases de datos, pero lo más recomendable es recurrir a la estación meteorológica más próxima al lugar de la instalación.



Algunas veces es común encontrar datos sobre el número de horas medias de sol al día (sin nubes), sobre todo en zonas turísticas. Es posible calcular los valores de G_{dm} (0) basándonos en el número de horas de sol al día. No incluimos dicho método en esta guía introductoria por brevedad.

Otro concepto que no se debe confundir con el de “horas de sol” es el de número de “horas de sol pico”.



El número de horas de sol pico es un valor normalizado que equivale a el número de horas recibiendo una radiación solar de 1000 W/m² a 25 C.

Piensa por ejemplo que un lugar puede tener 5 horas diarias de cielo despejado pero necesariamente a la horas del día donde el sol esta cerca de su zenit.

4. Características de los elementos del sistema

Estos datos los proporciona el fabricante, pero es aconsejable tomar nuestras propias medidas para advertir posibles desviaciones respecto a los valores nominales. Si esta desviación no es muy grande, se tomará el valor medido para el cálculo, pero si es grande, conviene rechazar el producto.

4.1 Paneles

Necesitamos conocer la *tensión* V_{Pmax} y la *intensidad* I_{Pmax} en el *punto de máxima potencia* en condiciones estándares (CE).

4.2 Baterías



Capacidad nominal para 100 horas C_{NBat} *, tensión de trabajo* V_{NBat} *y, o bien profundidad máxima de descarga* PD_{max} *o bien capacidad útil* C_{UBat} *. Necesitamos también saber el tipo que se van a usar, plomo-ácido, gel, AGM, automoción etc.*

Esta información es importante al configurar los puntos de corte de los reguladores.

4.3 Regulador

Tensión nominal V_{NReg} , e *Intensidad máxima que puede disipar* I_{maxReg}.

4.4 Convertidor DC/AC

Tensión nominal V_{NConv} , *Potencia instantánea* P_{IConv} y *Rendimiento al 70% de la carga* η_{70} .

4.5 Equipos de consumo

De cada una de ellos (desde el punto de vista eléctrico, se les llama también *cargas*) es necesario conocer la *tensión nominal* V_{NC} y la *potencia de funcionamiento* $P_{C.}$

Para conocer la energía que nuestra instalación va a consumir, es también muy importante estimar el *tiempo medio de utilización* de cada carga, bien sea diario, semanal, mensual o anual, y teniendo en cuenta los altibajos periódicos que puedan existir.

5. Dos decisiones previas

Es necesario disponer de otro tipo de datos que determinan las características de la instalación, para los cuales es importante tener presentes las necesidades de los usuarios.

- **N, número de días de autonomía**

Este valor hay que fijarlo atendiendo a las condiciones meteorológicas, al tipo de instalación y a cuestiones económicas. No se pueden ofrecer datos objetivos para todas las zonas del planeta, como se ha comentado antes, pero aun así se indican unos valores aproximados, que hay que interpretar con cautela, utilizados por algunos diseñadores experimentados.

Invierno	Instalación doméstica	Instalación crítica
muy nubosos	5	10
variables	4	8
soleados	3	6

Tabla 1: Estimación del número de días de autonomía

- ***V_N*, tensión nominal de la instalación**

Tanto los equipos de consumo como las baterías se escogen para un valor de tensión nominal V_N.



Normalmente, éste es de 12 ó 24 Voltios para las pequeñas instalaciones pero si la potencia total de consumo supera los 3 kW, la tensión debe ser de 48 ó 120 V.

La elección de la tensión de la instalación no es del todo arbitraria, y está determinada en gran medida por la disponibilidad en el mercado de equipos que funcionen a distintas tensiones:

- Si los equipos lo permiten, fijamos la tensión nominal a 12 ó 24 V. Algunos equipos de comunicaciones inalámbricos como los Mikrotik aceptan un rango de voltaje entre 11 y 60 V.
- Si sólo se disponen de equipos que funcionen a unas tensiones determinadas, hay que calcular la potencia que consumen los grupos de equipos que funcionen a igual tensión, y elegir como tensión nominal aquélla a la que se consuma más potencia. Para las otras tensiones, se emplean convertidores. Lógicamente, esta opción complica la instalación, por lo que es preferible la anterior.

6. Procedimiento de cálculo

Una idea global de todo el proceso de cálculo nos ayudará a tener más claro el método empleado para realizarlo. Así, los tres pasos principales que se han de seguir son los siguientes:

1º Energía solar disponible



Basándose en los datos de radiación solar, y en la orientación que se les va a dar a los paneles (para que recojan la máxima radiación posible), se estima la energía solar con la que se cuenta. La estimación se hace para intervalos de tiempo mensuales, pues supone un buen compromiso entre precisión y sencillez.

2º Energía que se va a consumir



A partir de un estudio de los aparatos que se eligen para cubrir las necesidades, se recopilan los datos de las potencias consumidas por cada aparato y se estiman, de acuerdo con los usuarios, los *tiempos medios* de utilización diarios, semanales, mensuales o anuales de cada uno de ellos, teniendo también en cuenta los posibles altibajos motivados por causas diversas, ya sean éstas periódicas o no. Con estos datos se obtiene la energía que se va a consumir, también para cada mes.



3º Con los **datos correspondientes al "mes peor"** de los doce, que es aquél en el que la relación entre la energía demandada y la energía solar disponible es mayor, se calcula:

- La intensidad que ha de entregar el conjunto de paneles, y, por tanto, el número de paneles.
- La capacidad de acumulación necesaria, y, por tanto, el número de acumuladores.
- Las características del regulador.
- La longitud y la sección del cable necesarios para las conexiones.

6.1 Orientación de los paneles

Salvo que el cielo esté totalmente cubierto, la mayor parte de la energía procedente del sol llega en línea recta. Por esto, el módulo captará más energía si está orientado "de cara" al sol, es decir, perpendicular a la recta que une la posición de la instalación con el sol. Pero el sol no está quieto, y esto obliga, en instalaciones sin seguimiento solar (a las que nos circunscribimos en este manual), a buscar algún criterio para determinar la orientación del módulo.



*Esta orientación está determinada por dos ángulos, el acimut **a** (ángulo que mide la desviación respecto al sur, en el hemisferio norte, y respecto al norte, en el hemisferio sur) y la inclinación o elevación **ß** (ángulo formado por la superficie del módulo y el plano horizontal).*

6.1.1 Acimut

En general conviene tener el módulo girado hacia el ecuador terrestre (es decir, hacia el Sur en el Hemisferio Norte, hacia el Norte en el Hemisferio Sur) para que durante el día el panel capte la mayor cantidad de radiación posible (*a* = 0).



Hay que tener especial cuidado en que no se produzcan sombras sobre los paneles o parte de ellos, para lo cual es preciso estudiar los elementos que rodean al campo de paneles (árboles, edificios, muros, etcétera), y las sombras que una fila de paneles puede producir sobre las otras.

Es admisible desviar los paneles 20 ° hacia el Este o el Oeste (*a* = ±20º), cuando la existencia de sombras o los condicionantes del lugar obliguen a ello.

6.1.2 Inclinación



Una vez fijado el acimut, el parámetro que es determinante, y que hay que introducir en la tabla de cálculos, es la inclinación del panel, que se expresa como el ángulo beta (ß).

Debido a que la máxima altura que alcanza el sol cada día varía según las estaciones, teniendo su máximo en el día del solsticio de verano y su mínimo en el solsticio de invierno, lo ideal sería que el panel siguiese esta variación, pero esto no es posible por razones de coste. Se pueden dar a los paneles dos inclinaciones, una para los meses de verano y otra para los meses de invierno, pero en ese caso también se complican las estructuras soporte, por lo que sólo tiene sentido si hay un incremento considerable del consumo durante el verano.

En instalaciones con equipos de comunicaciones es normal tener los paneles con una inclinación fija. En la mayoría de las instalaciones la demanda de energía del sistema es constante durante el año y por lo tanto el “mes peor” será aquel con menos insolación.

*Suele fijarse una **ß** que maximice el ajuste entre la captación y la demanda de energía. Este criterio se traduce, dependiendo de los diferentes escenarios, en:*

- *Para instalaciones con consumos constantes o similares a lo largo del año, es preferible optimizar la instalación para captar máxima radiación durante los meses "invernales". Se utilizan inclinaciones iguales al valor absoluto de la latitud del lugar (ángulo F) incrementado en **10 ° (ß = | F | + 10 °).***
- *Para instalaciones con consumos inferiores en invierno puede utilizarse como inclinación el valor de la latitud del lugar. Se optimiza, así, para los meses de primavera y otoño (**ß = | F |).***
- *Para instalaciones que sólo se usen en verano conviene emplear un ángulo igual a la latitud en valor absoluto menos **10 ° (ß = | F | - 10°).***

En cualquier caso, se recomienda que la inclinación del panel nunca sea menor que 15° debido a que acumulan polvo y/o humedad. En estaciones repetidoras en zonas donde exista nieve y hielo sera necesario proteger los paneles adecuadamente y inclinarlos un ángulo superior a los 65° durante la época de nieve.

6.2 Corriente necesaria en el mes peor

Para cada mes se calcula el cociente I_m.

I_m es la corriente máxima al día que debe suministrar un campo de paneles para una instalación que trabaja a un voltaje V_N y que recibe una radiación media diaria G_{dm} en el mes "m" y con una inclinación de paneles ß.

La I_m*(MES PEOR)* es el mayor de las I_m, y el cálculo de la instalación se hace en función de los datos de ese mes. Los cálculos de $G_{dm}(ß)$ para una determinado lugar se pueden realizar a partir de los valores de $G_{dm}(0)$.

La obtención de $G_{dm}(ß)$ a partir de $G_{dm}(0)$ implica el uso de varias tablas de conversión y por brevedad no se incluyen en esta unidad. Programas con PVSYST pueden ser de gran ayuda para el cálculo de la irradiación sobre una superficie inclinada.

Debido a las pérdidas, tanto en el regulador como en el acumulador, y a que los paneles pueden no trabajar en su punto de máxima potencia, la energía que deben proporcionar los mismos es algo mayor que la I_m*(MES PEOR)* antes calculada:

$$I_{mMAX} = 1.21\ I_m\ (MES\ PEOR)$$

Una vez determinado el mes peor, y con los valores de I_{mMAX} y de la E_{TOTAL}*(MES PEOR)* se procede a realizar los cálculos finales.

6.3 Cálculos finales

6.3.1 Número paneles

Los paneles están diseñados para formar una estructura modular, siendo posible combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, a fin de obtener la tensión y la intensidad deseadas.



Al conectar en serie los módulos, el voltaje total es igual a la suma de los voltajes individuales de cada módulo, manteniéndose invariable la intensidad; al conectar en paralelo, son las corrientes las que se suman, permaneciendo igual el voltaje. Es importante, para evitar descompensaciones al conectar entre sí paneles, que éstos sean iguales.

En general, se procura adquirir paneles cuyo voltaje sea igual al del sistema (12, 24 ó 48 V); si esto no es posible, se han de acoplar en serie el número de paneles necesario para alcanzar dicho voltaje. El número de paneles en serie *Nps* es el número entero inmediatamente superior al cociente entre la tensión nominal del sistema y la tensión de máxima potencia del panel.

$$N_{ps} = V_N / V_{Pmax}$$

Para calcular el número de paneles en paralelo (*Npp*), se divide el valor obtenido de I_{mMAX} entre la intensidad en el punto de máxima potencia del panel, y se toma el entero inmediatamente superior:

$$N_{pp} = I_{mMAX} / I_{Pmax}$$

El número total de paneles es *Nps x Npp*.

6.3.2 Capacidad de la batería o acumulador

El acumulador determina la tensión del sistema (de hecho, es él quien la fija), y ha de tener una capacidad tal que pueda proporcionar a las cargas la energía necesaria cuando no haya suficiente radiación solar. Para ello, puede ser necesario asociar baterías en serie.



Una primera advertencia: *en sistemas fotovoltaicos, la asociación en paralelo no es recomendable. En efecto, la degradación de los vasos de 2 V a lo largo del tiempo no se produce de forma homogénea, de modo que asociar baterías en paralelo conlleva que, pasado un cierto tiempo, unos vasos soporten más fatiga que otros y se deterioren antes de lo previsto, dañando el sistema de acumulación.*

Primero se calcula la capacidad de almacenamiento requerida por el sistema (*capacidad necesaria*, C_{Nec}). Esta capacidad del sistema depende de la energía necesaria en el mes peor y del valor de los días de autonomía *(N)* que hemos fijado anteriormente.

$$C_{NEC} = E_{TOTAL}(MES\ PEOR) / V_N \ . \ N$$

La capacidad nominal de las baterías C_{NOM} que necesitamos se calcula utilizando la profundidad de descarga máxima de las baterías en tanto por uno.

$$C_{NOM}(Ah) = C_{NEC}(Ah) / PD_{MAX}$$

Para calcular el número de baterías en serie (*Nbs*), dividimos la tensión nominal de la instalación (V_N) entre la tensión nominal de la batería (V_{NBat}):

$$Nbs = V_N / V_{NBat}$$

6.4 Regulador



Recordemos de nuevo que jamás se emplearán los reguladores paralelo; siempre utilizaremos reguladores serie.

Por cuestiones de seguridad, se debe elegir un regulador que pueda disipar una intensidad máxima I_{maxReg} un 20% mayor que la intensidad máxima que proporciona el campo de paneles:

$$I_{maxReg} = 1{,}2 \ . \ N_{pp} \ . \ I_{PMax}$$

6.5 Convertidor DC/AC

La energía total para los equipos de AC se calcula incluyendo las perdidas que introduce el convertidor o inversor. Para la elección de la potencia nominal del convertidor, es preciso advertir que su rendimiento no es constante con la potencia, sino que, por ejemplo, si la potencia que está proporcionando es baja, el rendimiento baja. Para evitar calcular en exceso el convertidor, y el consiguiente coste adicional, hay que tener en cuenta, no la potencia que ha de entregar a todos sus equipos, sino la potencia que ha de entregar a los que puedan funcionar simultáneamente.

6.6 Cableado

Hay que calcular la longitud y la sección del cable que se va a usar para conectar los diferentes elementos del sistema fotovoltaico.



*La **longitud** depende mucho del emplazamiento la instalación. En cualquier caso, conviene instalar lo más cerca posible entre sí los paneles fotovoltaicos, el sistema de regulación y el sistema de acumulación (las baterías). De esta forma, las caídas de tensión en los cables son menores, las secciones necesarias también, así como la longitud del cable y su coste.*

*La **sección** se elige en función de la longitud de los cables y de la corriente que circula por ellos con el fin de minimizar las caídas de tensión.*

Para calcular la sección ***S*** del cable hace falta conocer:

- La *corriente máxima* I_{MC} que va a circular por el conductor. En el caso del tramo paneles-acumulador es la I_{mMAX} calculada para cada mes. En los demás tramos depende de las cargas conectadas al tramo.
- La *caída de tensión* (*Va-Vb*) admisible en el cable. Esta tensión se calcula sumando las caídas individuales, que se expresan en función de la tensión nominal de trabajo. Valores máximos típicos son:

Tramo del Sistema	Caída de tensión (% de VN)
Conjunto de paneles-acumulador	1%
Acumulador-convertidor	1%
Línea principal	3%
Línea principal-iluminación	3%
Línea principal-equipos	5%

Tabla 2: Caídas de tensión en el cable típicas

- La longitud *L*.

La sección del cable viene determinada por la Ley de Ohm:

$$S(mm^2) = r(\Omega mm^2/m)L(m)\ I_{mMAX}(A)/V_a(V)-V_b(V)$$

donde *S* es la sección, *r* es la resistividad (propiedad intrínseca del material: para el cobre, 0.01286 W mm^2/m), y *L* la longitud.



Se elige, dentro de las secciones de conductor que ofrece el mercado, la inmediatamente superior a la que se obtiene de la fórmula. En cualquier caso, la sección nunca debe ser inferior, aunque la fórmula así lo permita, a unos límites que se imponen por razones de seguridad. Para el cable que conecta paneles y acumulador, este mínimo es de 6 mm^2. Para los demás tramos, ese mínimo es de 4 mm^2.

DATOS PREVIOS

DATOS GENERALES

Latitud del lugar (°)	

DATOS DE RADIACIÓN (Gdm(0), en kWh/m2 × día)

EN	FB	MR	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI

Radiación del peor mes	

CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS

PANELES

TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA (Vpmax, V)	
INTENSIDAD DE MÁXIMA POTENCIA (Ipmax, A)	
MODELO y POTENCIA (Wp)	

BATERIAS

CAPACIDAD NOMINAL A 100 H (CN Bat)	
TENSIÓN NOMINAL (VN Bat)	
PROF. MÁX. DESCARGA (PDMAX) o CAPACIDAD ÚTIL (CU Bat)	

REGULADOR

TENSIÓN NOMINAL (VN Reg)	
INTENSIDAD MÁXIMA (Imax Reg)	

CONVERTIDOR DC/AC (Si fuese necesario)

TENSIÓN NOMINAL (VN Conv)	
POTENCIA INSTANTÁNEA (PI Conv)	
RENDIMIENTO AL 70%	

FIABILIDAD Y TENSIÓN DE LOS EQUIPOS DC

DÍAS DE AUTONOMÍA (N)	
TENSIÓN NOMINAL (VN Equip)	

EQUIPOS

CÁLCULO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR LOS EQUIPOS DC				
MES DE MAYOR CONSUMO:				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE CORRIENTE CONTINUA	NÚMERO DE EQUIPOS (1)	POTENCIA NOMINAL DE CADA EQUIPO (2)	HORAS-DÍA: HORAS DIARIAS DE USO (3)	ENERGÍA CONSUMIDA (Wh/día) E=(1) x (2) x (3)
ETOTAL DC (antes del convertidor) =				

CÁLCULO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR LOS EQUIPOS AC				
MES DE MAYOR CONSUMO:				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE CORRIENTE CONTINUA	NÚMERO DE EQUIPOS (1)	POTENCIA NOMINAL DE CADA EQUIPO (2)	HORAS-DÍA: HORAS DIARIAS DE USO (3)	ENERGÍA CONSUMIDA (Wh/día) E=(1) x (2) x (3)
ETOTAL AC (antes del convertidor) =				

ELECCIÓN DEL MES PEOR

LUGAR:

LATITUD:

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN VN(V):

	EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC
INCLINACIÓN ß												
Gdm (ß) (Kwh/m2 × día)												
ETOTAL (DC) (Wh/día)												
ETOTAL (AC) (Wh/día)												
ETOTAL (AC + DC)=												
Im = ETOTAL × 1kW/m2/ (Gdm(ß) x VN)												

MES PEOR	
ImMAX (A)	
ImMAX (A) = 1' 21 x Im	
ETOTAL (AC + DC)	

CÁLCULOS FINALES

PANELES

PANELES EN SERIE (NPS)	N PS = VN / VPmax =	
PANELES EN PARALELO (NPP)	NPP = ImMAX / IPmax =	
NÚMERO TOTAL DE PANELES	NTOT = NPS x NPP =	

ACUMULADORES

CAPACIDAD NECESARIA (CNEC)	CNEC =(ETOTAL(MES PEOR)/VN).NAut =	
CAPACIDAD NOMINAL (CNOM)	CNOM = CNEC / PDmax =	
EN SERIE (NBS)	NBS = VN / VNBat =	

CABLES

	DE PANELES A ACUMULADOR	DE ACUMULADOR A CONVERTIDOR	LÍNEA PRINCIPAL
CAÍDA DE TENSIÓN (Va-Vb)			
SECCIÓN (r. L.ImMAX/(Va-Vb))			

7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de éste, sólo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.



Introducción a la ESF para sistemas autónomos de telecomunicaciones

Alberto Escudero-Pascual
aep@it46.se IT+46 – 1 Octubre 2007
(cc) Creative Commons Share-Alike Contribution Non-Commercial

Índice



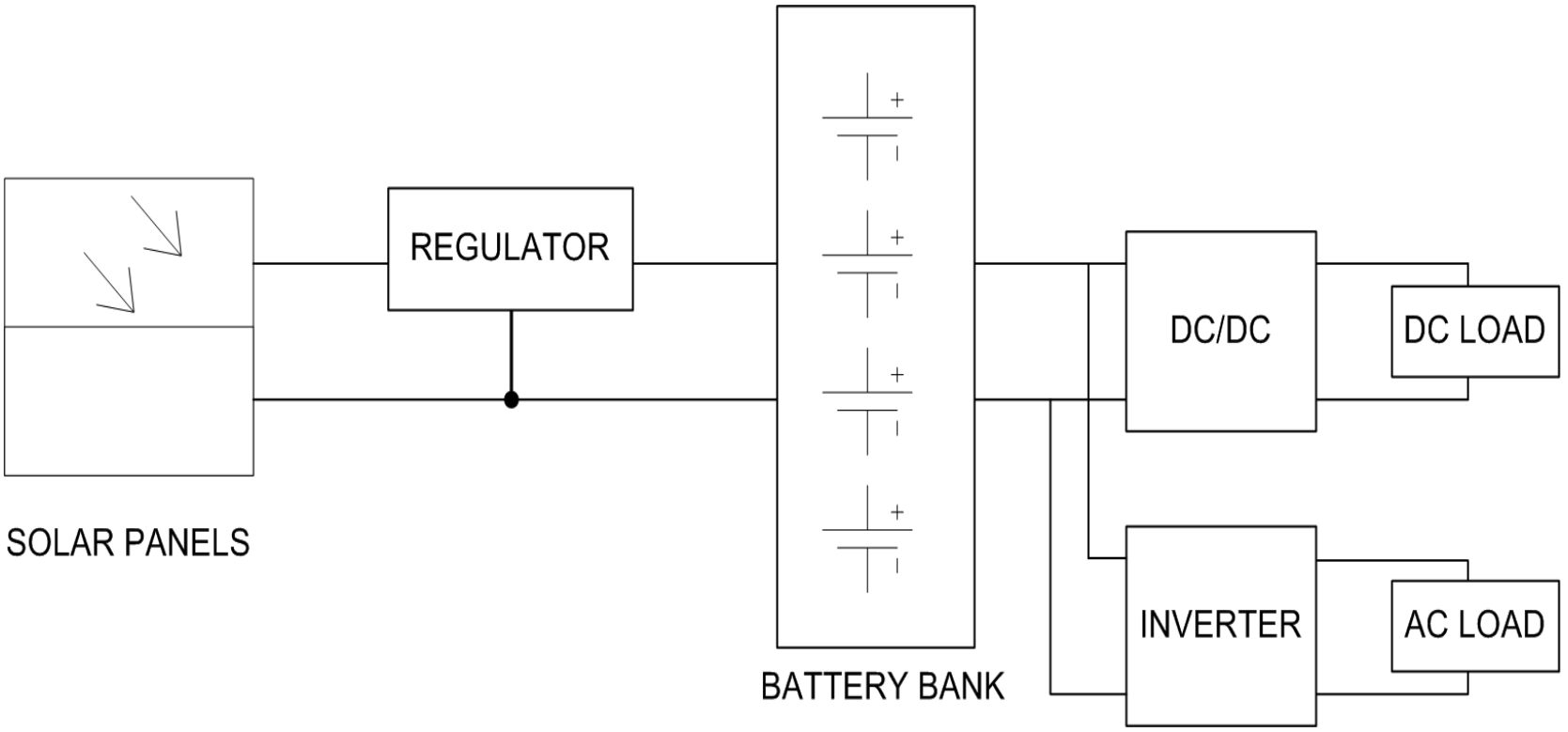
- Breve introducción a los sistemas de ESF
- Componentes
  - Paneles solares
  - Baterías
  - Reguladores
  - Convertidores e inversores
  - Las cargas
- Medidas de los componentes

El sistema aislado o autónomo



- Aislado = autónomo
  - no esta conectado a la red eléctrica
- Fotovoltaico
  - El uso de energía solar para producir energía eléctrica

Sistema ESF aislado



Panel Solar



- Compuesto por la celdas fotovoltaicas
- Recoge la energía solar y la convierte en electricidad
- La asociación de varios paneles forman el sistema de captación o campo de paneles
- La cantidad de corriente depende del número de celdas y de la radiación solar en el momento
- Los paneles no pueden almacenar energía
- Se necesitan baterías

Batería (Acumulador)



- Almacena la energía que no se consume en el momento
- Se almacena en forma de energía química (reacción química reversible)
- La mayoría de las instalaciones usan baterías sin mantenimiento de plomo-ácido, tambien se las conoce como
- Recombinantes
- VRLA (*valve regulated lead acid)*

Regulador - Controlador



- La corriente de los paneles y las baterías es DC
- Las cargas normalmente usan AC o un nivel diferente de DC
- DC/AC (inversor)
  - La energía se pierde durante la conversión
- Los conversores de continua DC/DC se usan para adaptar niveles de DC

Regulador - Controlador



- Convertidores DC/DC
  - Perdidas de energia!
  - Diseña tu sistema para que funcione al nivel de DC de tus cargas

Las Cargas

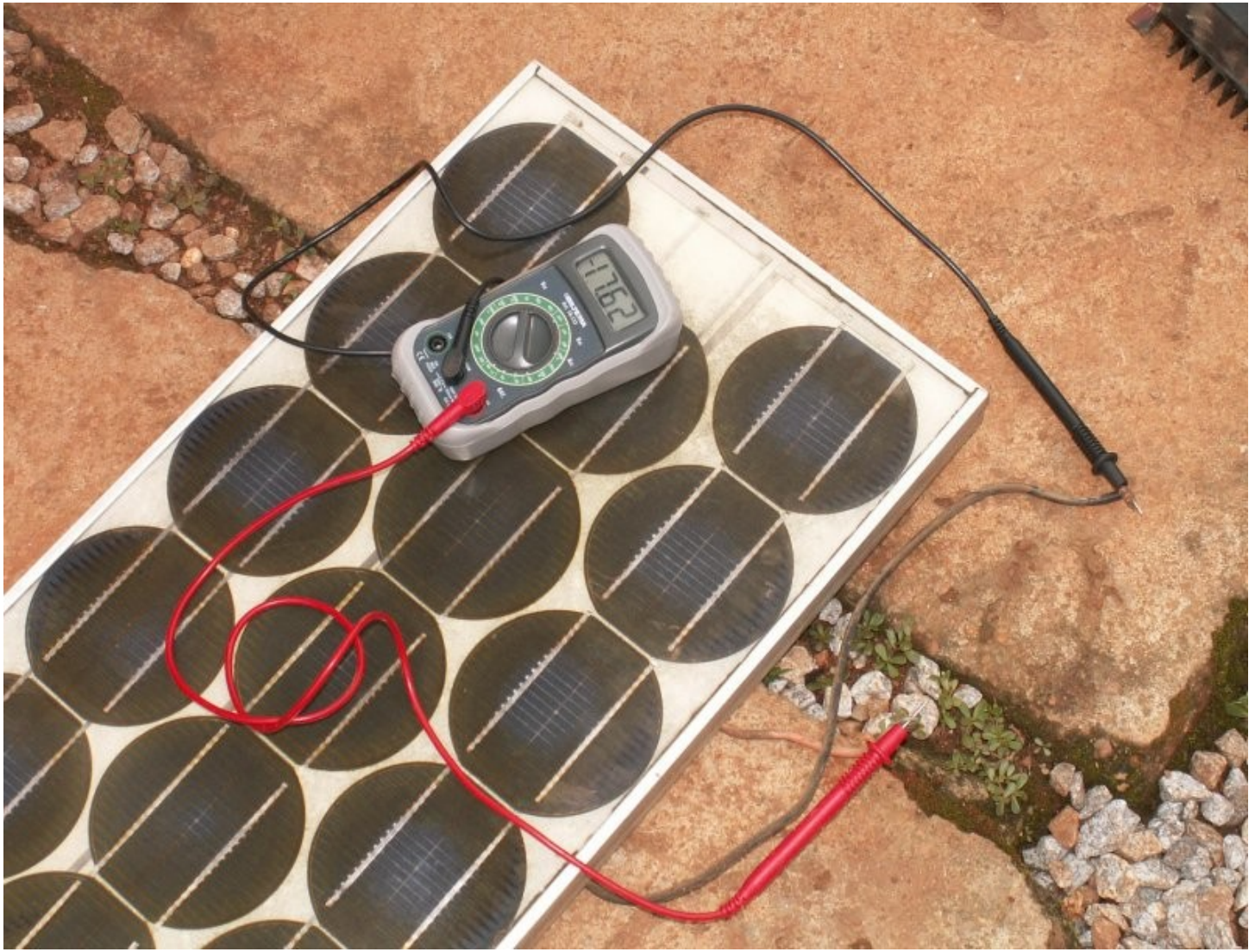


- Los equipos/dispositvos que consumen la energía producida y/o almacenada
- Equipos de telecomunicaciones, routers, estaciones de trabajo, lamparas, VSATs, switches etc.
- Es fundamental calcular-estimar los consumos de tus cargas
- Impacto en el tamaño del campo de paneles y las baterías, etc
- Siempre piensa en equipos debajo consumo

Empecemos ahora de nuevo... veamos los componentes al detalle

Paneles solares

Paneles solares



Diseño físico



- Generalmente entre 32 y 36 celdas solares de cristal de silicio
- Dependiendo del tamaño de las celdas el panel tiene una superficie entre 0'1 y 0'5 m²
- Dos contactos eléctricos (+ positivo y negativo)

Diseño físico



- Contactos para instalar diodos de paso (optional)
  - protege el panel del efecto “hot-spot” (punto caliente)
  - ocurre cuando parte del panel se queda en sombra y se comporta como una carga (consume energía)
  - Incrementa la temperatura(85- 100ºC)

Paneles solares



Eficiencia energética



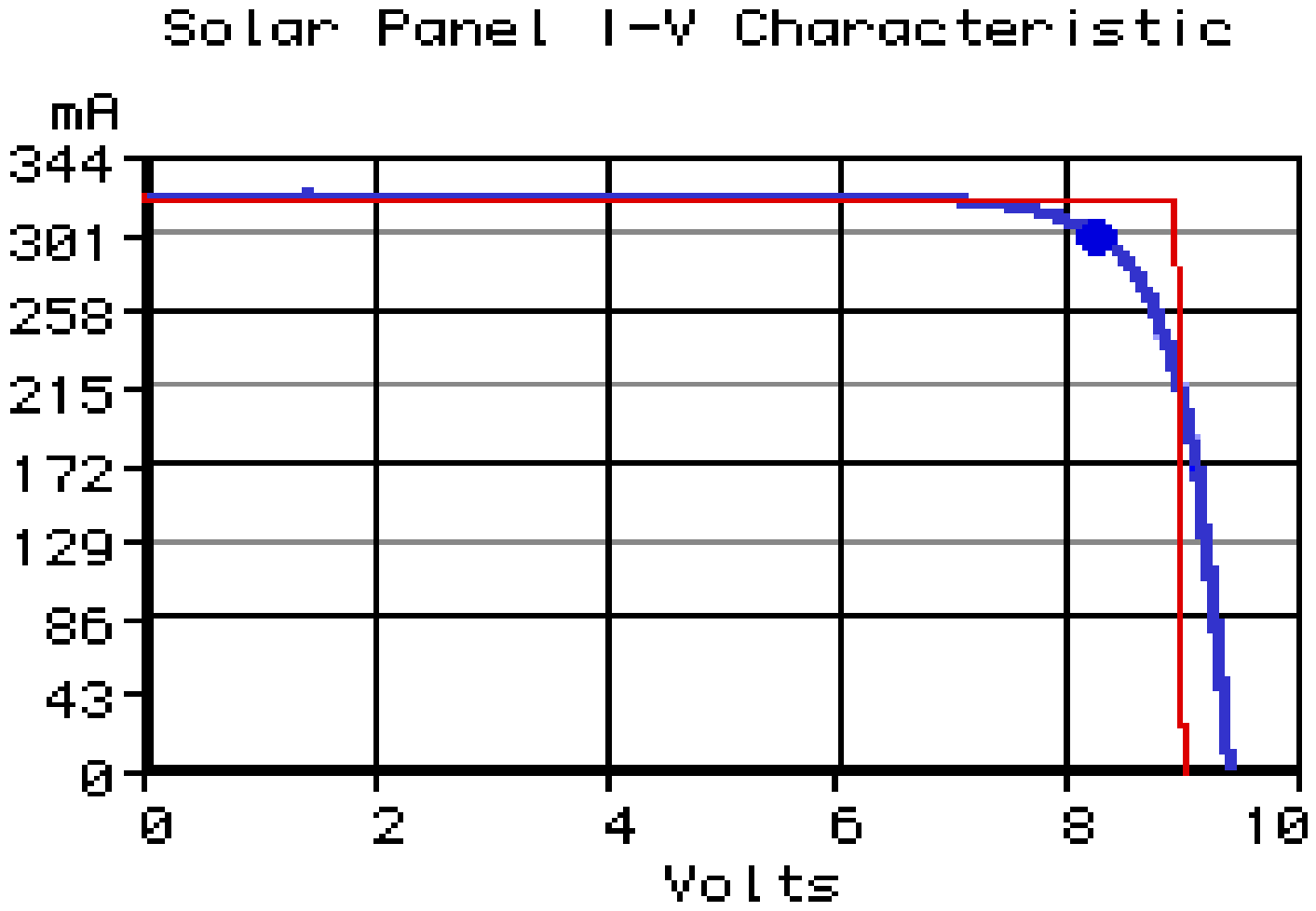
- Curva característica IV
  - Todos los valores posible de voltaje/corriente
  - La curva depende:
    - Temperatura
    - Radiación recibida
- La corriente es directamente proporcional a la radiación solar (G)

Eficiencia energética



- El voltaje se reduce ligeramente con el incremento de la temperatura
- El punto de trabajo del panel depende de la “carga” en sus extremos/contactos.
- Un buen regulador intenta que el panel trabaje en el punto de máxima potencia.
- Estos reguladores se conocen como MPT = Maximum power tracking

Eficiencia eléctrica (10-13%)



Parámetros del panel solar



1. Corriente de cortocircuito (I_{SC})

- La corriente máxima del panel
- Cuando ponemos los terminales en “corto”

2. Corriente de circuito abierto (V_{OC})

- El voltaje máximo
- Cuando medimos sin carga
- Generalmente alrededor de 19-22 V para paneles que van a trabajar a 12 V

Parámetros del panel solar



3. Punto de máxima potencia

- $P_{max} = I_{pmax} \cdot V_{pmax}$
- Se mide en Watts (W) or Watts pico (Wp)
- Recuerda! El panel no suele trabajar a la potencia de Wp debido a la influencia de las cargas
- Los valores de V_{Pmax} y I_{Pmax} suelen ser un poco inferiores a los de I_{sc} y V_{oc}

Parámetros del panel solar



4. Factor de forma (FF)

- La relación entre la P_{max} y el producto de I_{SC} . V_{OC}
- Nos da una idea de la calidad del panel
- Buscamos valores de FF cercanos a 1
- Valores normales entre 0'7 y 0'8.

Parámetros del panel solar



5. Eficiencia (*h*)

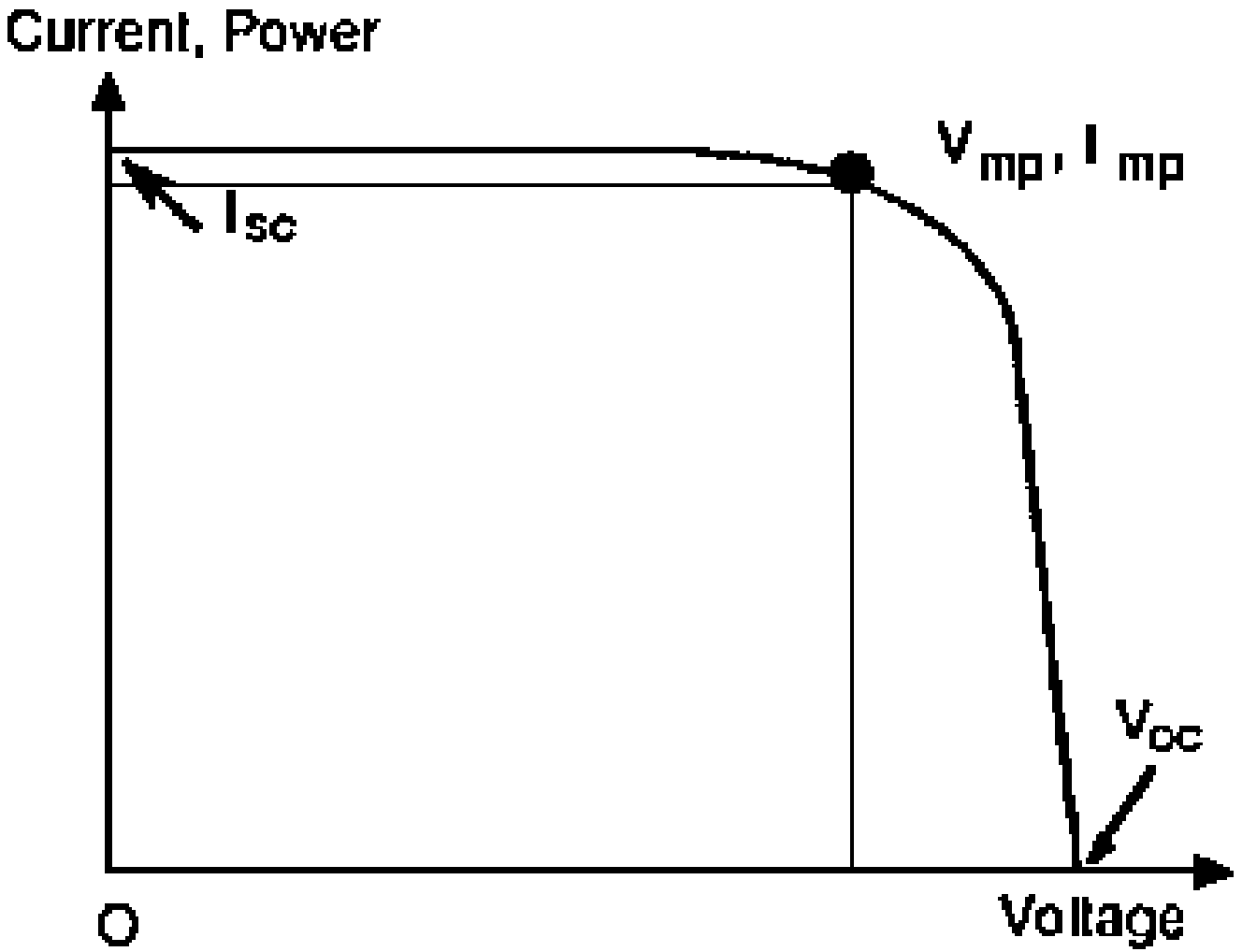
- La relación entre la potencia eléctrica máxima que entrega el panel y la radiación solar incidente (P_L)
- Valores típicos entre 10-12%
- La eficiencia depende del tipo de materiales y construcción (silicio mono o polocristalino, amorfo o thin film)
- $h = P_M / P_L = FF. I_{SC} . V_{OC} / P_L$

Parámetros del panel solar

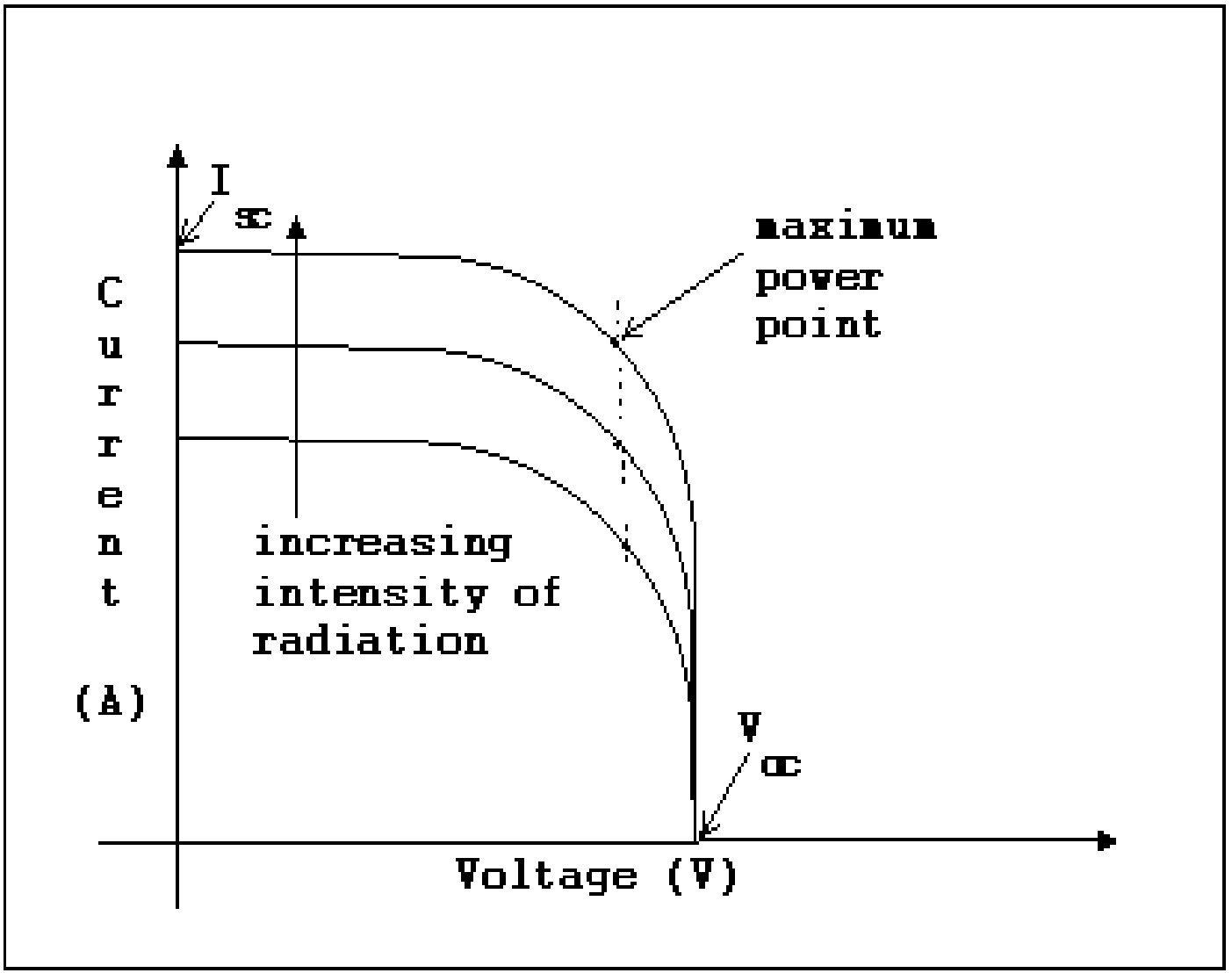


- Valores que nos da el fabricante: I_{SC}, V_{OC}, I_{Pmax} y V_{Pmax}
- En condiciones estandar de:
  - Irradiancia (G) = 1000 W/m2
  - Temperatura (T) de las celdas de 25^{o}C
  - A nivel del mar

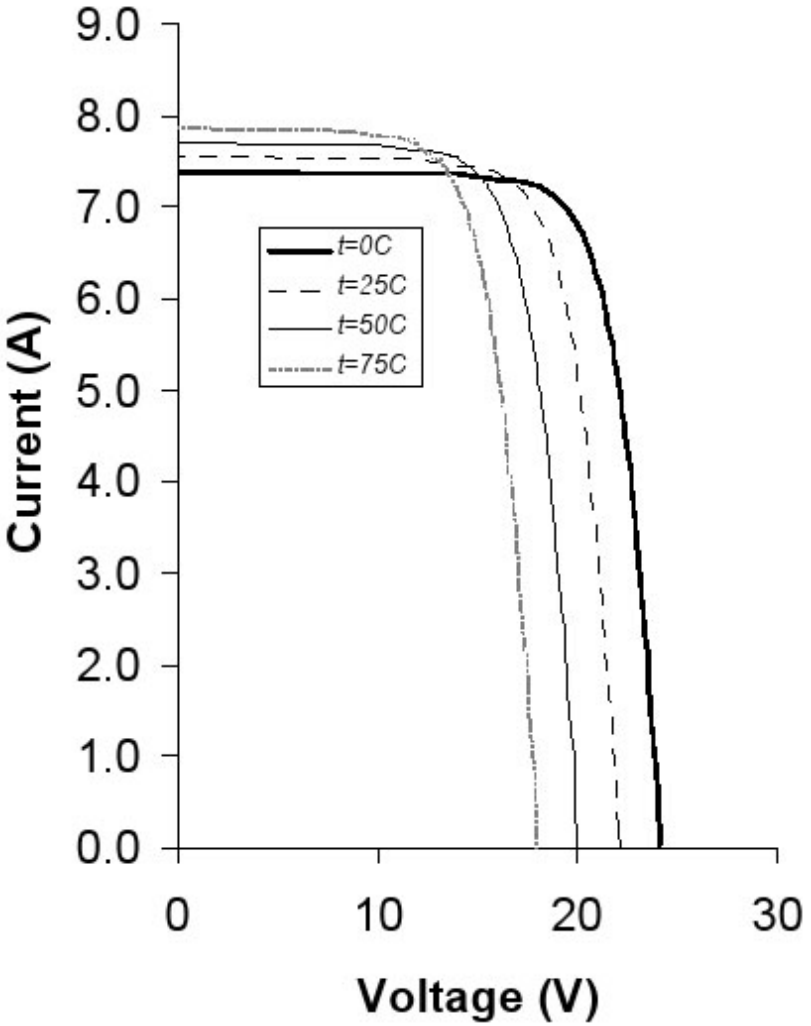
IV Curve



IV Curve vs G


I
sc
maximum
power
point
C
u
r
r
e
n
t
increasing
intensity of
radiation
(A)
V
oc
Voltage (V)

IV curve vs temperatura



Parámetros que necesitamos para el dimensionado



- Cálculo del número de paneles
  - Corriente y Voltaje en el punto de máxima potencia (I_{Pmax} y V_{pmax})
- Como el panel no trabaja en este punto, asumimos siempre unas perdidas del 5%

Interconexión de paneles



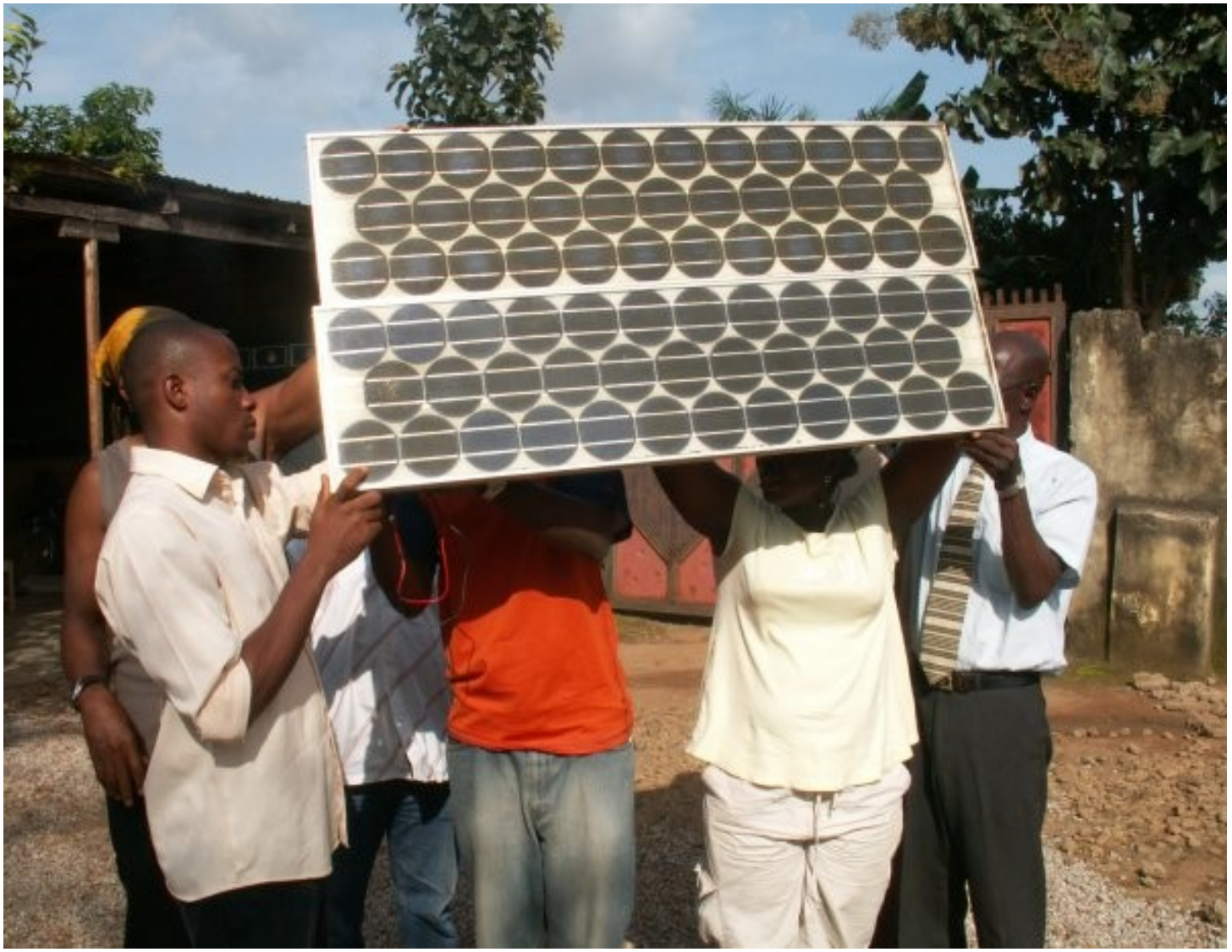
- Campo de paneles
  - Paneles en serie o paralelo sobre una estructura de soporte común
- Es importante que todos los paneles sean lo más parecidos posible (iguales)
  - Misma marca y características
  - Una dispersión en los parámetros tiene un impacto en el "campo" total

Interconexión de paneles



- Gracias al interconexionado podemos conseguir:
  - Un nivel de voltaje que es cercano (pero superior) al de las baterías
  - Un nivel de corriente suficiente para alimentar nuestros equipos y cargar las baterías

Interconexión de paneles



Interconexión de paneles



Como elegir un buen panel...



- En lugares con mucho polvo
  - Paneles especialmente construidos para no adherir polvo
- Revisa la construcción del panel
  - El cristal tiene que ser resistente y el marco de aluminio robusto y bien construido
  - Los paneles pueden durar hasta 20 años pero eso no significa que no sean frágiles

Como elegir un buen panel...



- Asegúrate que tienes acceso a todas las curvas IV
- Revisa las garantías y la potencia de salida después de “X” meses
- Calcula el precio del panel por Wp

Baterías

La batería



La batería



- Reacción química reversible
  - Permite el almacenamiento de energía eléctrica
- Las baterías más comunes son las de Plomo-ácido que consisten en:
  - Compuestas por un número de vasos en serie
  - Dos electrodos de plomo en una disolución de agua y ácido sulfúrico
  - La baterías más comunes de ESF son las de 12-24V

Función de la batería



- Ofrecer energía a las cargas cuando no tenemos radiación solar
- Proceso cíclico de carga y descarga
  - Con sol: el exceso se carga en la batería
  - Sin sol: Toda la energía proviene de la batería (descarga)

Autonomía:
Costo vs Disponibilidad



- Autonomía: por cuanto tiempo queremos que los equipos funcione en ausencia absoluta de sol
- El nivel de autonomía depende de:
  - el tipo de instalación
  - infraestructura vs CPE
- Un sistema sobredimensionado es:
  - Caro
  - Ineficiente

Tipos de baterías



- Las baterías más adecuadas para sistemas de ESF son las diseñadas con las siguientes características:
  - una posición fija (estacionarias)
  - escenarios con un consumo “irregular”
  - no necesitan suministrar corrientes altas en poco tiempo
  - descargas profundas

Tipos de baterías



- Electrolito alcalino (como Niquel-Cadmium)
  - Caras pero de calidad
- Electrolito ácido (Plomo-ácido)
  - Baratas, pero lo suficientemente buenas

Las baterías de coche/carro (baterías de tracción)



- Se pueden usar si no tenemos baterías estacionarias, pero NO son recomendables
- Diseñadas para suministrar mucha corriente instantánea, no para suministrar corrientes bajas durante largos periodos de tiempo
- Su vida se acorta en sistemas ESF
- Necesitan mucho mantenimiento
- No se pueden descargar más del 70% de su capacidad total
- Solo se puede usar el 30%

Estado de carga



- Sobre-carga
- Sobre-descarga

Sobrecarga



- El agua en el ácido sulfúrico se rompe y produce oxigeno y hidrógeno(gasificación)
- Desventaja: El electrodo positivo se oxida
- Ventaja: La presencia del gas previene la estratificación del ácido
- Se necesita un compromiso:
  - Se permite de manera periodica la sobre-carga controlada
  - El regulador se carga de este proceso conocido como ecualización

Sobre-descarga



- Desventaja: La batería se estropea
  - Se crean cristales de sulfato
  - Las placas pierden material activo
- El regulador previene este estado
  - Cuando la batería llega a un límite, se desconectan las cargas

Parámetros de la batería



1. Voltaje Nominal V_{NBat} (12 V)
2. Capacidad Nominal C_{NBat}
   - La máxima cantidad de energía que se puede extraer de la batería (Ah o Wh)
   - Depende la velocidad de descarga
   - La capacidad de batería se especifica a distintas velocidades de descarga (C100)

Parámetros de la batería



3. Máxima profundidad de descarga Pd_{max}

- Es el % de energía que se extrae de la batería en una descarga
- Lo limitan los reguladores/controladores y están calibrados para un nivel de descarga típico de PD 70%

Parámetros de la batería



- La vida útil de la batería depende de la profundidad de descarga en cada ciclo
- El vendedor debe suministrar el número de ciclos en la vida útil de la batería
- Evita la descarga profunda (más de 50%) y tan solo 30% se se trata de baterías de tracción

Parámetros de la batería



4. Capacidad Útil C_{UBat}

- La capacidad real (útil) de la batería
- Es el resultado de multiplicar la capacidad nominal (C_{NBat}) por la profundidad de descarga máxima Pd_{max}
- Ejemplo: Batería estacionaría de 120 Ah y PD_{max} del 70%, tiene una capacidad útil de 84 Ah.

Medición del estado de carga de la batería



- Asumimos:
  - Batería sellada de plomo-ácido 12V
  - Descarga lineal durante operación
- Carga completa: 12.8 V
- Con carga (carga completa): 12.6 V
- Descargada: 11.6 V
- 70% se alcanza cuando el voltaje es 11.9 V

Medición del estado de carga de la batería



Protección de la batería



- Se debe proteger la batería de corto-circuitos
  - Interruptores termomagneticos
  - Fusibles
- Los fusibles se deben dimensionar para el nivel de corriente máximo y el voltaje de uso
- El nivel de corriente del fusible tiene que ser ligeramente superior (10%) al máximo esperado
  - Por ejemplo para un instalación de 4A usaremos un fusible de 5 A

Protección de la batería



- Nunca se debe reemplazar un fusible por un “cable” o un fusible de amperaje superior
- Dos tipos de fusible:
  - Lentos (aceptan sobrecargas más tiempo)
  - Rápidos (reacción casi instantánea)

Protección de la batería





Efectos de la temperatura en baterías



- La capacidad de la batería varía con la temperatura
- Es importante incluir sensores de temperatura en los cargadores
- Es importante diseñar espacios para alojar las baterías
  - Sin luz directa
  - Secos

Temperaturas altas



- La capacidad de la batería (normalizada a 25°C) incrementa en un 1%/°C
- En caso de temperaturas demasiado altas tiene lugar el mismo efecto descrito en “sobre-carga”
  - Oxidación
- En regiones cálidas:
  - Nunca sol directo
  - Necesaria la refrigeración natural

Temperaturas bajas



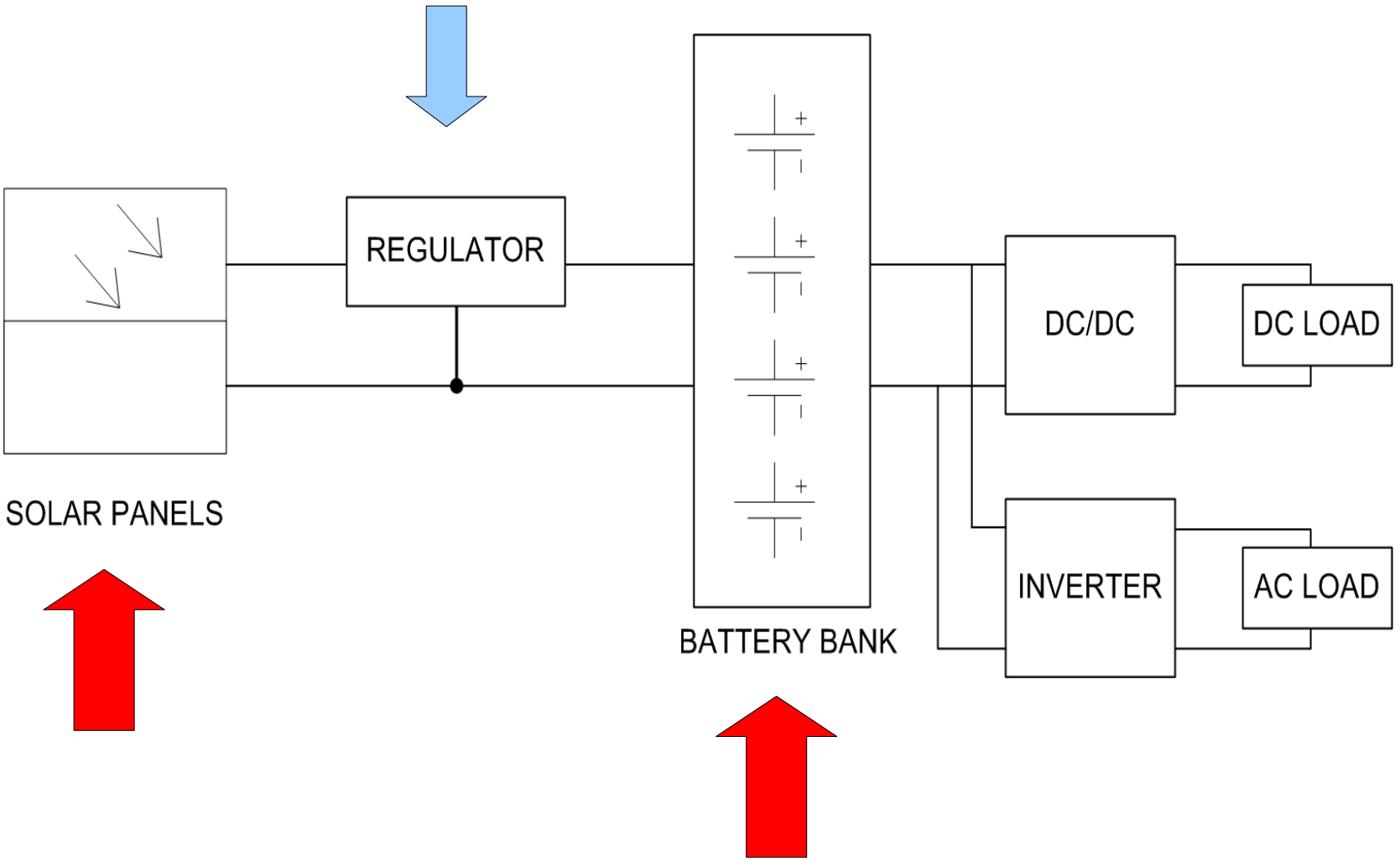
- La vida útil incrementa pero también el riesgo de congelación del electrolito
- El punto de congelación depende de la densidad de la solución
  - La densidad depende del estado de carga de la batería
- A mayor densidad menos posibilidad de congelación, es necesario no descargar tanto las baterías

Vida de la batería y sus ciclos



- Es el componente de la instalación que va a necesitar remplazo
- Nunca descargar las baterías mas del 30% para aumentar su tiempo de vida
- Si se descarga completamente la batería puede durar menos de un año
- Es más barato comprar baterías de más capacidad que cambiarlas cada año!.

Sistema ESF aislado





Regulador

Regulador



- Se le conoce como:
  - controlador de carga
  - controlador de voltaje
  - controlador de carga-descarga
  - controlador de carga
- Se instala entre:
  - el campo de paneles y las baterías
  - las baterías y las cargas/equipos

Regulador


PROSTAR
PROSTAR-30
SOLAR CHARGE CONTROLLER
VERSION: PS-30
MORNINGSTAR corporation
CHARGING
TEMP SENSOR
BATTERY STATUS
BLINK: LOW
ON: LVD
CE
1
2
3
BATTERY TYPE
1 - GEL
2 - SEALED
3 - FLOODED
SOLAR
BATTERY
LOAD
SENSE
+
-

Regulador



- Se conecta en “serie” NUNCA en paralelo
- Desconectan el campo de paneles para evitar sobrecarga
- Desconectan las cargas para evitar sobredescarga
- El sistema de desconexión es por interruptores:
  - Electromecánicos (relés)
  - Estado sólido (transistor bipolar, MOSFET)

Regulador



- Los reguladores modernos:
  - Pueden desconectar las cargas durante la noche
  - Sobrecarga las baterías para mejorar su vida útil (equalización)
  - Utilizar un mecanismo conocido como *pulse width modulation* (PWM) para evitar gasificación

Parámetros del regulador



- Corriente máxima de operación
  - Debe ser al menos el 20% mayor que la corriente máxima del campo de paneles
- Voltaje de operación: 12, 24, or 48 V

Parámetros del regulador (Avanzados)



- Valores de LVD, LRV y HVD
- Compensación por temperatura
  - Muestrea la temperatura y calcula los distintos puntos de corte (desconexión y re-conexión)
- Sensores e instrumentación
  - Estado de carga, corriente, voltaje, etc
  - Alarmas



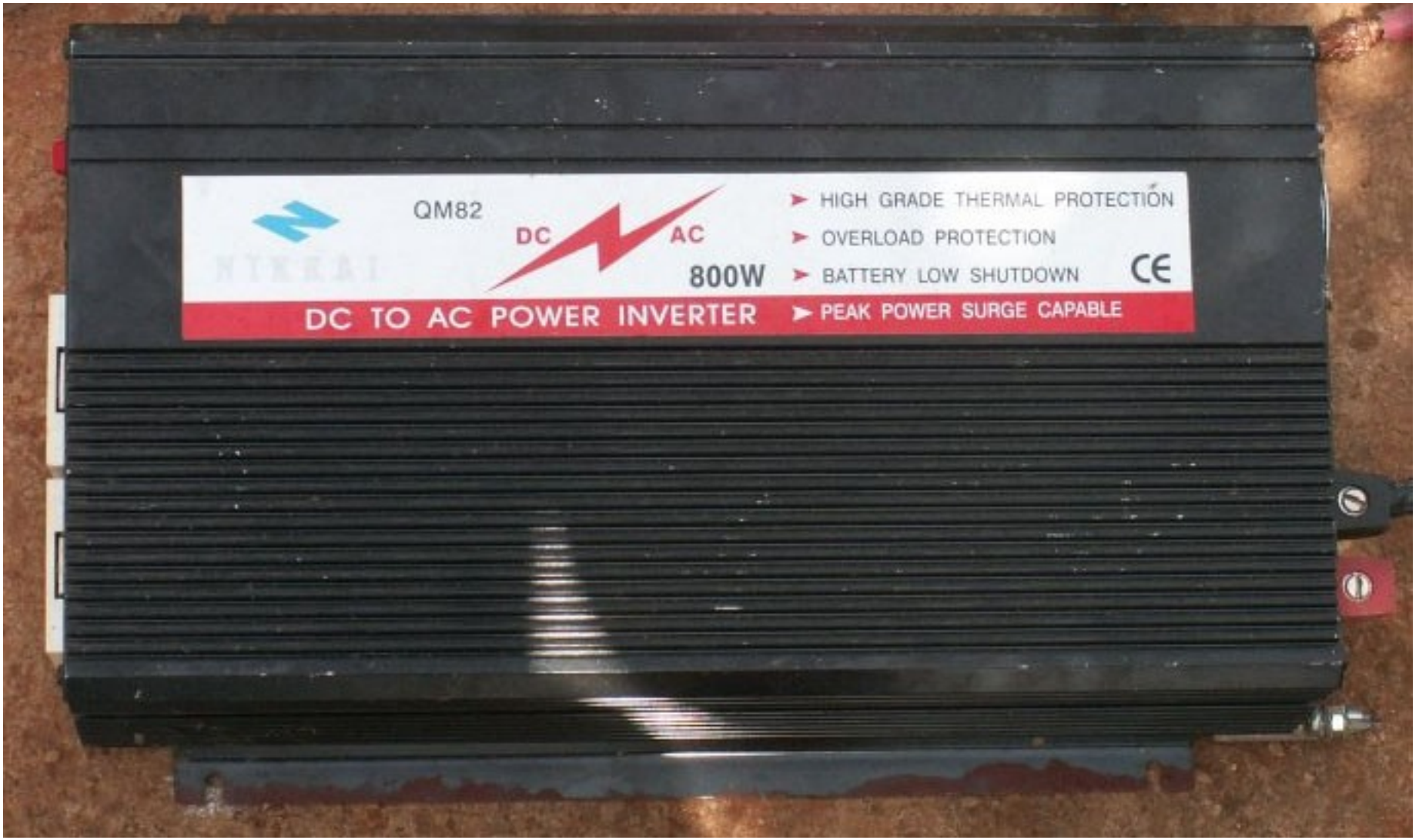
Convertidor

Convertidor



- Dos tipos en sistemas de ESF
  - DC/DC
  - DC/AC (inversores)
- Pueden incorporar un cargador

Convertidor



Convertidor





Convertidor DC/DC



- Convierte DC(Va) a DC(Vb)
- Se usa entre las baterías y las cargas
- Dos tipos de conversión:
  - Linear (quema el resto de la energía)
  - Conversión (más complejo e eficiente, > 80%)

DC/AC Inversor



- Cargas AC
- Trocea e invierte la corriente continua
- Dos tipos:
  - Onda cuadrada (senoidal modificada)
  - Onda senoidal pura
- Los inversores de onda cuadrada son más eficientes pero no todos los equipos lo aceptan
  - Problemas con impresoras
  - Audio

Parámetros de un inversor



- Gestión de sobrecargas
- Eficiencia de conversión
- Inclusión de “cargador”
- Cambio automático en presencia de diferentes fuentes de energía: red-solar, generador, etc

A tener en cuenta en equipos de comunicaciones



- Evitar el uso de AC
- Investigar el voltaje de entrada de los equipos y la posibilidad de usar directamente alimentación en DC

Las cargas

Consumos de cargas



Equipment	Consumption [W]
Portable computer	30-50
Low power lamp	6-10
WRAP (one radio)	4-10
VSAT modem	15-30
PC (without LCD)	20-30
PC (with LCD)	200-300
Switch (16 ports)	6-8

Equipos de radio



Equipment	Consumption [W]
Linksys WRT54G (radio BCM2050)	6
Linksys WAP54 (radio BCM2050)	3
Orinoco/WavePoint II ROR (radio 30 mW)	15
Soekris net4511 (no radio/radio)	1.8/4.8
WRAP.1E-1 (no radio)	2.04/5.04
Routerboard 532 (no radio)	2.3/5.3
Inhand ELF3 (nonradio)	1.53/4.53
Senao 250 mW Radio	3
Ubiquity 400 mW Radio	6

Equipos de radio



- El consumo tambien depende de:
  - el número de interfaces de red
  - tipo de memorias, HD y tráfico de red
- Algunos números para recordar:
  - Placas 2-3 W
  - Una radio de 200 mW va a consumir hasta 3 W
  - Un radio de alta potencia como la Ubiquity de 400 mW consume hasta 6 W
  - Una estación repetidora va a consumir como mínimo de entre 8 y 10 W.

Equipos de radio



Equipos de radio



© Jason Philbrook
http://www.f64.nu

Dimensionado en 5 pasos



- Carga: 12 W, Voltaje: 12 V, Corriente: 1 A
- Consumo día: 24 Ah
- Autonomía (4 días): 24 x 4 = 96 Ah
- Batería (máx 50%) = 194 Ah (200 Ah C100)
- Panel 80 Wp (Imax = 5 Ah)
  - 5 horas de sol-pico en el mes peor (25 Ah/dia)



Unidad 16: **VoIP para el desarrollo**

Autores: *Alberto Escudero-Pascual - Louise Berthilson,.*

Colaboradores: *Adel El Zaim (Editor de árabe y francés), Anas Tawileh (Traductor al árabe), Iñaki Cívico y Sylvia Cadena (Editores al castellano), Johan Bilien (Traductor al francés) y Martin Benjamin (Editor al inglés).*

Tabla de contenido

1. Sobre de este documento..... 3
1.1 Información de propiedad intelectual..... 3
1.2 Grado de dificultad..... 3
2. Introducción..... 3
3. La poción mágica..... 4
3.1 VoIP..... 4
3.2 Estándares Abiertos y Código Libre..... 6
3.3 Asterisk..... 7
4. La receta..... 7
4.1 PBX..... 8
4.2 PSTN - RTB..... 8
4.3 Señalización en telefonía tradicional..... 9
4.3.1 Señalización analógica..... 10
4.3.2 Señalización entre centrales telefónicas..... 10
4.4 Señalización en telefonía IP..... 11
4.4.1 Protocolo de señalización de inicio (SIP)..... 11
4.4.2 Servidores Proxy..... 11
4.4.3 Protocolos en tiempo real y el NAT..... 12
4.4.4 Inter-Asterisk eXchange (IAX)..... 13
4.5 Equipamiento para VoIP..... 14
4.5.1 Teléfonos VoIP..... 14
4.5.2 Telefonía con Software – Soft Phones..... 14
4.5.3 Tarjetas de interfaz a la RTB..... 14
4.5.4 Adaptador para Teléfonos Analógicos (ATA)..... 15
4.5.5 Codecs..... 16
4.6 Calidad de servicio..... 16
4.6.1 Latencia..... 17
4.6.2 Jitter – Fluctuaciones de velocidad..... 17
5. Manos a la obra - Creando su propia PBX..... 18

5.1 ¿Qué es lo que necesito? 18
5.1.1 Consejos de instalación 18
6. Instalando Asterisk 19
6.1 Compilando Asterisk 20
6.2 Descargando Asterisk 21
6.3 Órdenes básicas en Asterisk 21
6.4 archivos de configuración 22
6.5 Peers, Users y Friends 23
7. Escenarios 24
7.1 Escenario A - Red telefónica privada en una comunidad rural 24
7.2 Configurando los clientes VoIP 25
7.2.1 Biblioteca Comunitaria 25
7.2.2 Hospital Regional 26
7.2.3 Escuela Primaria 27
7.2.4 Asociación de agricultores 28
7.3 Configurando Asterisk 29
8. Escenario B - Conectando la RTB 32
8.1 Incluir el soporte para la tarjeta TDM400P 32
8.1.1 Gestión de llamadas entrantes desde la RTB 34
8.1.2 Gestión de llamadas salientes por la RTB 35
8.2 Añadiendo un terminal analógico a la PBX 35
8.3 Actualización del plan de marcado 37
9. Escenario C - Conectando comunidades mediante VoIP 38
9.1 Problemas más comunes en enlaces vía satélite 38
9.2 Interconectando dos servidores con Asterisk 39
9.2.1 Telecentro 39
9.2.2 Centro de capacitación 40
9.2.3 La función de registro 41
10. Para aprender más 41
11. Conclusión 42
12. Tabla de Abreviaturas 42
13. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual 46

1. Sobre de este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. El original fue llevado a cabo gracias al apoyo de la Iniciativa Acacia del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y a todos los que han hecho este trabajo posible: Adel El Zaim (Editor de árabe y francés), Anas Tawileh (Traductor al árabe), Iñaki Cívico y Sylvia Cadena (Editores al castellano), Johan Bilien (Traductor al francés) y Martin Benjamin (Editor al inglés). El artículo originalmente enviado por los autores fue ligeramente modificado en su estilo para mantener la concordancia con el resto de los materiales de este taller.

1.1 Información de propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** para ver los términos completos de esta licencia:http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio”.

2. Introducción

No fue hasta la primavera del año 2004 cuando descubrí un programa libre * que era capaz de hacer exactamente lo que necesitaba. Por aquel tiempo vivía en Tanzania y tuve que sufrir, no sólo que la línea telefónica era inestable, sino que, además, las tarifas telefónicas eran totalmente desorbitantes. Tan pronto como conseguí un acceso a la Internet empecé a usar una de esas aplicaciones, tan propietaria como conocida, para hacer mis llamadas a Europa. Pronto me di cuenta de que el programa no me daba la flexibilidad que yo quería porque lo que realmente necesitaba era poder hacer llamadas a través de mi línea telefónica en Suecia y poder ofrecer esa conexión de voz a mis vecinos.

La idea de usar la Internet como si fuera una red telefónica no era nueva, pero el proyecto que me daba toda esa flexibilidad era, desde luego, “revolucionario”. El programa que permitía que mi computadora se convirtiera en una centralita telefónica se llamaba “*Asterisk*.”[1] No necesité demasiado tiempo para descubrir que *Asterisk* era capaz de hacer mucho más de lo que nunca me pude imaginar. Mientras lo exploraba me daba cuenta del mundo de posibilidades y oportunidades que ofrecía, especialmente en las regiones en desarrollo. La sensación de aquel momento era muy parecida a la de mi primera conexión a la World Wide Web en 1994.

1. *Asterisk* es un proyecto de código libre basado en las ideas del “Proyecto de Telefonía Zapata” http://www.asteriskdocs.org/modules/tinycontent/index.php?id=10

Sin ningún género de dudas aprender a poner en marcha un sistema con *Asterisk* fue una tarea que requirió gran perseverancia (sí, algunos me llaman obcecado). Empecé a escribir estas líneas de introducción a la voz IP porque, aunque ya existen algunos libros muy buenos sobre el tema, no he encontrado un documento que describa los conceptos más básicos en palabras que la mayoría de los mortales puedan entender. Esta "guía" pretende describirle al lector los conceptos esenciales de la telefonía sobre IP y darle unos ejemplos concretos de su potencialidad en regiones en desarrollo. Como el reto al escribir este documento era crear un documento breve sin pecar de simplismo, una gran parte del esfuerzo ha sido intentar ser lo más pedagógico posible.

Tenga paciencia. La persistencia es la clave del aprendizaje de un autodidacta

Antes de describir cómo usted puede crear su propio sistema de telefonía, introducimos lo conceptos básicos de telefonía sobre Internet (Secciones 2 y 3). Dedíquele tiempo a leer estas dos secciones –a largo plazo, entender los conceptos es mucho más importante que instalar un programa u otro.

Las dos siguientes secciones están dedicadas a aquellos que quieran poner la teoría en práctica: montar su propia centralita (Sección 4) e instalando y configurando los programas (Sección 5).

En lugar de listar todas las órdenes y configuraciones posibles, hemos seleccionado tres escenarios prácticos como ejemplos ilustrativos. Recuerde que el objetivo de este documento es ayudarle en sus primeros pasos. Los tres escenarios que hemos elegido son:

- Telefonía privada en una comunidad rural (Sección 6)
- Conectando una red local telefónica a la RTB (Sección 7)
- Interconectando dos comunidades remotas (Sección 8)

Para terminar hemos incluido algunas referencias útiles a algunos recursos que le ayudarán a aprender más (Sección 9).

3. La poción mágica

Tres son los elementos que le permitirán desplegar una infraestructura de telefonía: *VoIP*, *estándares* abiertos y los *programas libres y abiertos*.

3.1 VoIP



Una definición general de Voz sobre IP (también conocida como telefonía IP) es la posibilidad de transportar conversaciones telefónicas en paquetes IP. Cuando hablamos de "VoIP", nos referimos a "la telefonía en Internet" en el sentido más amplio de la expresión.

El término VoIP no se refiere a ninguno de los mecanismos concretos que existen para llevar las señales de voz de un sitio a otro en la red. Existen docenas de tecnologías que permiten hablar por la

red. Las alternativas tecnológicas de VoIP se pueden dividir de una manera sencilla en dos grandes grupos: tecnologías cerradas-propietarias y sistemas abiertos. En el primer grupo de tecnologías nos encontramos con el conocido Skype o el ya legendario Cisco Skinny (SCCP).[2] En el segundo grupo de tecnologías nos encontramos con los estándares abiertos basados en SIP,[3] H.323[4] o IAX.[5]

H.323 es un protocolo desarrollado por la UIT que cobró cierta fama porque era el más usado por los grandes operadores en sus redes troncales. SIP ha incrementado su popularidad cuando las tecnologías de VoIP se han hecho más presentes en el "bucle local."[6] Últimamente hemos presenciado el nacimiento y el fuerte crecimiento de una nueva alternativa conocida como IAX. IAX2 (por ser la versión 2) está fuertemente influido por el modelo comunitario de desarrollo abierto y tiene la ventaja de haber aprendido de los errores de sus predecesores. IAX2 resuelve muchos de los problemas y limitaciones de H.323 y SIP. Aunque IAX2 no es un estándar en el sentido más oficial de la palabra (RFC),[7] no sólo tiene el gran reconocimiento de la comunidad sino todos los pre-requisitos para convertirse en el remplazo (de facto) de SIP.

Una de las características esenciales de todos los protocolos tradicionales de voz sobre IP es el derroche de ancho de banda. Ese exceso de bits en la red es debido a la necesidad de enviar información adicional en cada una de las cabeceras de los paquetes IP. Este problema tiene especial importancia en regiones en desarrollo donde el acceso a ancho de banda es limitado y los costos de conexión a Internet pueden llegar a ser hasta 100 veces mayor que en Europa o Norteamérica.[8]



Para que se haga una idea del gasto adicional de ancho de banda necesario para enviar voz sobre Internet podemos citar como ejemplo que un audio comprimido de 5.6 kbit/s necesita de hasta 18 kbit/s. La diferencia entre los 5.6 y los 18 kbit/s son esos bits en las cabeceras de los paquetes.

Las cabeceras son toda esa información adicional que es necesaria para encaminar correctamente cada uno de los paquetes de voz al receptor. Una de las ventajas de IAX2 es que ha sido capaz de reducir considerablemente ese exceso de bits por paquete. Además, es capaz de agrupar los paquetes de distintas conversaciones, que van en una misma dirección en la red, en uno sólo. Al ser

2. Skinny es un protocolo de control para terminales. Originalmente desarrollado por Selsius Corporation y ahora bajo el control y diseño de Cisco Systems, Inc. Uno de los clientes más famosos de Skinny es la serie Cisco 7900 de teléfonos IP.
3. El protocolo de inicio de sesión (SIP) es el resultado del trabajo del IETF y define el manejo de sesiones entre uno o más participantes.
4. H.323 es un conjunto de recomendaciones de la UIT-T que define un grupo de protocolos para ofrecer sesiones audiovisuales en una red conmutada de paquetes. El H.323 se usa en el famoso programa Netmeeting.
5. IAX2 es un protocolo de comunicación de voz IP que se usa en *Asterisk*, una centralita de código abierto y libre. IAX2 permite conexiones entre servidores *Asterisk* y clientes IAX2.
6. El bucle de área local es un enlace físico que conecta al cliente con la terminación de la red de telefonía del proveedor de servicios de telecomunicaciones.
7. El Request for Comments (RFC) (en castellano: solicitud de comentarios) es una serie de documentos numerados y formales que buscan construir consensos en favor de la estandarización de protocolos y servicios para la Internet. Una vez pasada la fase de propuesta se convierten en una referencia aceptada internacionalmente.
8. 1 Mbps en el Este de África cuesta más de 1000 USD/mes mientras que la misma capacidad en Suecia cuesta menos de 10 USD/mes.

capaz de agregar múltiples paquetes de distintas conversaciones dentro de uno sólo, el exceso de información introducido por las cabeceras se reduce en cada una de las conversaciones.

Como resultado de las pruebas realizadas durante la elaboración de esta guía (usando una conexión telefónica a la red), evidenciamos las ventajas de utilizar IAX2 frente a la misma conversación usando SIP.[9]

3.2 Estándares Abiertos y Código Libre

No podríamos estar hablando de la libertad de construir nuestra propia red telefónica sin la existencia de los estándares abiertos y el código libre. Los estándares abiertos permiten que cualquiera pueda implementar un sistema con garantías de interoperabilidad. Gracias a esa interoperabilidad de nuestro diseño no sólo podemos crear nuestra red telefónica sino que, además, podemos conectarla a la red telefónica global. Con el código libre podemos aprender de experiencias parecidas, integrar sus soluciones y compartir nuestros propios resultados con los demás.



Una de la primeras preguntas que merece una respuesta es: ¿por qué usted debería crear su propia infraestructura de voz sobre IP y no seguir usando servicios gratuitos como Skype?

La respuesta es simple: sostenibilidad y flexibilidad.

Los servicios gratuitos le pueden solucionar una necesidad a corto plazo pero nunca garantizar su independencia o el control de su propio proceso de aprendizaje y desarrollo. No se trata de una cuestión puramente técnica. El problema no es decidir cuál es la mejor de las tecnologías sino cuál es la que permite que las comunidades sean dueñas de su propio desarrollo y que puedan adaptarla a sus propias necesidades.

Es muy difícil imaginar un desarrollo sostenible sin transferencia de conocimiento y reapropiamiento tecnológico. Una solución basada en estándares abiertos y código libre no es sólo una buena solución desde un punto de vista puramente técnico sino que además permite la posibilidad de adaptación para mejorarse a la realidad local.Para ser conscientes de la importancia de los estándares abiertos quizás sea bueno empezar presentando una definición de “estándar.”



Un estándar es un conjunto de reglas, condiciones o requerimientos que describen materiales, productos, sistemas, servicios o prácticas.

9. Una conversación de voz IP usando un codec como el G.729 (8 kbps) requiere unos 30 kbps usando SIP y tan sólo 24 kbps con IAX2. Si agregamos cinco llamadas simultáneas cada llamada se reduce a 13 kbps.

En telefonía, los estándares garantizan que todas las centrales de telefonía sean capaces de operar entre sí. Sin ese conjunto de reglas comunes un sistema de telefonía de una región sería incapaz de intercambiar llamadas con otro que esté, tan sólo, unos kilómetros más allá. Aunque muchos de los estándares de telefonía son públicos, los sistemas siempre han estado bajo el control de un grupo muy limitado de fabricantes. Los grandes fabricantes de sistemas de telefonía son los únicos capaces de negociar contratos a nivel regional o incluso nacional. Ésta es la razón que puede explicar porqué es muy común encontrar siempre el mismo tipo de equipos a lo largo de un mismo país.

Los equipos de telefonía tradicionales, además, tienen la particularidad de haber sido diseñados para realizar un conjunto de tareas muy concretas. Normalmente, son equipos informáticos con aplicaciones muy específicas. Aunque las reglas que gobiernan la telefonía (los estándares) son relativamente abiertas, no es el caso de los equipos informáticos que los implementan. Al contrario de los estándares, el funcionamiento interno siempre se mantiene en secreto.

Dentro de la "poción mágica de la telefonía" los estándares abiertos son un ingrediente necesario, pero lo que realmente ha permitido esta nueva "revolución" ha sido la posibilidad de emular la funcionalidad de los sistemas de telefonía tradicionales con un programa funcionando en un computador personal.

Todos los elementos necesarios están a su alcance:

- tiene el acceso a los programas y a los equipos que permiten el intercambio de conversaciones telefónicas.
- tiene una red abierta y pública para intercambiar esas llamadas (la Internet).
- tiene la posibilidad de modificar cada uno de los elementos para adaptarlos a sus propias necesidades.

3.3 Asterisk



Asterisk es una implementación libre de una centralita telefónica. El programa permite tanto que los teléfonos conectados a la centralita puedan hacer llamadas entre ellos como servir de pasarela a la red telefónica tradicional.

El código del programa fue originalmente creado por Mark Spencer (Digium) basado en las ideas y el trabajo previo de Jim Dixon (proyecto de telefonía Zapata). El programa, sus mejoras y correcciones, son el resultado del trabajo colectivo de la comunidad del software (programas) libre. Aunque *Asterisk* puede funcionar en muchos sistemas operativos, GNU/Linux es la plataforma más estable y en la que existe un mayor soporte.

Para usar *Asterisk* sólo se necesita un computador personal (PC), pero si quiere conectarse a la red telefónica tradicional debe añadir el correspondiente periférico dedicado.

4. La receta

Esta sección resume los conceptos principales de VoIP. Entender cada uno de los conceptos le va a ser muy útil cuando configure cualquier tipo de programa relacionado con telefonía IP. Aunque VoIP es una área enorme de conocimiento, hemos seleccionado cuidadosamente un número de conceptos esenciales. Esta sección incluye una descripción, básica pero sólida, de lo que necesita saber para dar sus primeros pasos en la creación de un sistema de telefonía.

4.1 PBX



El término PBX o PABX es una de esas siglas que dicen bastante poco. PBX son las primeras letras del término inglés Private (Automatic) Branch Exchange. En palabras simples, el uso más común de una PBX es compartir de una a varias líneas telefónicas con un grupo de usuarios.

Una PBX se emplaza entre las líneas telefónicas y los teléfonos (terminales de voz). La PBX tiene la propiedad de ser capaz de redirigir las llamadas entrantes a uno o varios teléfonos. De una manera similar, una PBX permite a un teléfono escoger una de las líneas telefónicas para realizar una llamada telefónica al exterior. De la misma forma que un enrutador (router) en Internet es responsable de dirigir los paquetes de un origen a su destino, una PBX es responsable de dirigir "llamadas telefónicas".

La palabra "private" en la sigla PBX significa que el dueño del sistema tiene todo el control y decide como compartir los líneas exteriores con los usuarios.

Una PBX no sólo permite compartir un conjunto de líneas con un grupo de usuarios sino que también ofrece la posibilidad de crear servicios de valor añadido como transferencia de llamadas, llamadas a tres,[10] pasarela de voz a correo[11] o servicios basados en una respuesta de voz interactiva(IVR)[12], etc.

Una PBX puede ser de gran utilidad en múltiples escenarios. Piense en las regiones donde el acceso a la red telefónica implica caminar varias horas (tal vez días) a una cabina o Telecentro. Además, una situación muy común es que sólo exista una línea telefónica por edificio o por población. Una PBX (su centralita) permitirá compartir esa línea e incluso extender la red telefónica a lugares remotos.

10. Llamada-a-tres es la posibilidad de tener a más de dos personas hablando simultáneamente en la misma conversación.
11. Una pasarela de voz a e-mail permite grabar un mensaje de voz en un adjunto de correo electrónico (como si fuera un contestador automático). El mensaje se graba en un archivo de audio y se envía a una cuenta de correo.
12. Un sistema de voz interactivo (Interactive Voice Response) permite seleccionar una opción de un menú a través de la voz o del teclado del terminal.

4.2 PSTN - RTB



PSTN es la Red Pública Telefónica Conmutada (Public Switched Telephone Network), "la red de redes telefónicas" o más conocida como "la red telefónica." En castellano la PSTN es conocida como la red pública conmutada (RTC) o red telefónica básica (RTB).

De la misma forma que Internet es la red global IP, la RTB es la amalgama de todas las redes conmutadas de teléfono. Una diferencia muy importante entre la RTB e Internet es la noción de "flujo de información". En telefonía los flujos de información son cada una de las llamadas o conversaciones mientras que en Internet es cada uno de los paquetes de datos. Desde el punto de vista conceptual la RTB e Internet son muy diferentes y representan dos mundos y filosofías casi antagónicas. Si una conversación se efectúa en una RTB se tiene que reservar un canal (circuito) dedicado de 64 kbps, pero en Internet la misma conversación puede coexistir con otros servicios de manera simultánea. Aunque esta diferencia pueda parecer irrelevante a primera vista, tiene grandes implicaciones de cara a la implementación de las tecnologías de la información tanto en regiones desarrolladas como en desarrollo. En el modelo tradicional, un "cable de cobre" proporciona acceso a la RTB y ofrece un sólo tipo de servicio: un canal analógico. Si ese mismo cable se usa para conectarse a una red conmutada de paquetes como Internet, se puede implementar cualquier tipo de servicio basado en el protocolo IP.

La RTB ha estado históricamente gobernada por estándares creados por la UIT,[13] mientras que Internet es gobernada por los estándares del IETF.[14] Ambas redes, la RTB e Internet usan direcciones para encaminar sus flujos de información. En la primera se usan números telefónicos para conmutar llamadas en las centrales telefónicas; en Internet se usan direcciones IP para conmutar paquetes entre los enrutadores (routers).

4.3 Señalización en telefonía tradicional



- *Las centrales telefónicas son los "routers" de la RTB. Un Foreign Exchange Office (FXO) es cualquier dispositivo que, desde el punto de vista de la central telefónica, actúa como un teléfono tradicional.*

Un FXO debe ser capaz de aceptar señales de llamada o ring, ponerse en estado de colgado o descolgado, y enviar y recibir señales de voz. Supone que un FXO es como un "teléfono" o cualquier otro dispositivo que "suena" (como una máquina de fax o un módem).

13. La ITU o UIT en castellano es la Unión Internacional de Telecomunicaciones, una organización internacional responsable de estandarización, gestión del radio espectro y de la organización de acuerdos de interconexión entre países que permitan el intercambio de llamadas internacionales. La UIT es parte de la ONU y tiene una estructura formal de miembros.
14. El IETF (Internet Engineering Task Force) es un conjunto de grupos de trabajo responsables de estandarización de Internet. La organización es abierta, formada por voluntarios y sin ningún requerimiento formal para ser miembro.

Un Foreign Exchange Station (FXS) es lo que está situado al otro lado de una línea telefónica tradicional (la estación). Un FXS envía el tono de marcado, la señal de llamada que hace sonar los teléfonos y los alimenta. En líneas analógicas, un FXS alimenta al FXO. El FXS utiliza alrededor de 48 voltios DC para alimentar al teléfono durante la conversación y hasta 80 voltios AC (20 Hz) cuando genera el tono de llamada (ring).

Una PBX que integra periféricos FXO y FXS puede conectarse a la RTB e incorporar teléfonos analógicos. Las líneas telefónicas que vienen del operador se tienen que conectar a una interfaz FXO. Los teléfonos se deben conectar a las interfaces FXS de la centralita.

En resumen, dos reglas fáciles que debe recordar son:

1. Un FXS necesita estar conectado a un FXO (como una línea telefónica necesita estar conectada a un teléfono) o viceversa.
2. Un FXS suministra energía (elemento activo) a un teléfono FXO (elemento pasivo)

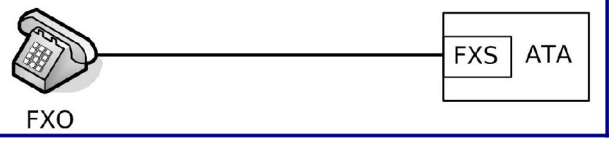
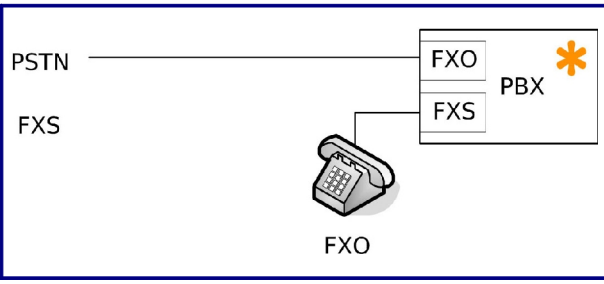
a) Un teléfono analógico es un dispositivo FXO conectado a una línea telefónica (RTB) actuando como FXS	
b) Un adaptador telefónico o ATA actúa como un FXS.	
c) Una PBX puede incorporar tanto interfaces FXS como F	

Figura 1: Telefonía tradiconal a),b) y c)

4.3.1 Señalización analógica

Cada vez que usted usa una línea telefónica se intercambian un conjunto de "señales". Las señales sirven para ofrecer información del estado de la llamada al usuario. Algunas de esas señales son el tono de marcado o el tono de línea ocupada. Estas señales se transmiten entre el FXS y el FXO haciendo uso de un protocolo conocido como "señalización".

Por desgracia, existen muchas maneras de generar este tipo de señales. Cada uno de los mecanismos es conocido como “método de señalización”. Los métodos de señalización son diferentes de un lugar a otro, así que debe conocer de antemano el método de señalización que se usa en sus líneas telefónicas. Dos de los métodos de señalización más conocidos son el “loop start” y el “ground start”. Si desconoce el método de señalización que debe usar puede empezar probando con “loop start”. Una consecuencia de configurar su PBX con un método de señalización equivocado es que la línea telefónica se cuelga de manera inesperada.

4.3.2 Señalización entre centrales telefónicas

SS7 es un grupo de estándares desarrollados originalmente por la AT&T y la UIT que, entre otras cosas, se encargan de la gestión del establecimiento de llamadas y su encaminamiento entre centrales telefónicas en la RTB. Una cosa muy importante que se debe entender es que en la red telefónica tradicional, la voz y las señales auxiliares (señalización) están claramente separadas. Esto significa que existe un “circuito” dedicado a voz y otro circuito independiente para el intercambio de las señales encargadas del establecimiento de las llamadas. Esta información “adicional” necesaria en cada llamada se intercambia usando un protocolo conocido como SS7.

Sin embargo, en muchos países en desarrollo se usan un sistemas de señalización más antiguos en donde tanto la voz como la señalización comparten el mismo canal físico.

El hecho de que la voz y la señalización están separadas significa que los flujos de información pueden tomar caminos físicos totalmente diferentes. Imagínese que las “conversaciones” pueden viajar por un cable mientras que los números de teléfono de los comunicantes se envían por otro. Este concepto es importante para entender la siguiente sección: señalización en telefonía IP.

4.4 Señalización en telefonía IP

Por herencia histórica, la señalización en voz sobre IP sigue unos principios muy parecidos a la señalización en RTB. Las señales y las conversaciones están claramente diferenciadas. En esta sección introducimos dos protocolos de VoIP que vamos a integrar en nuestra futura PBX: SIP e IAX2.

4.4.1 Protocolo de señalización de inicio (SIP)



El protocolo de señalización de inicio de sesión, del inglés Session Initiation Protocol (SIP), es una especificación para Internet que ofrece una funcionalidad similar al SS7 pero en una red IP.El protocolo SIP, desarrollado por el IETF, es responsable de establecer las llamadas y del resto de funciones de señalización.

Recuerde que, cuando hablamos de señalización en el contexto de llamadas de voz, estamos hablando de la indicación de línea ocupada, los tonos de llamada o que alguien ha contestado al otro lado de la línea.

SIP hace tres cosas importantes:

1. Encargarse de la autentificación.
2. Negociar la calidad[15] de una llamada telefónica.
3. Intercambiar las direcciones IP y puertos que se van utilizar para enviar y recibir las “conversaciones de voz”.

4.4.2 Servidores Proxy

Aunque dos dispositivos SIP (teléfonos IP) pueden comunicarse directamente, SIP normalmente hace uso de algunos elementos adicionales llamados “proxies” para facilitar el establecimiento de las llamadas. Un “proxy” opera como un representante (apoderado) que se encarga de negociar entre dos partes. Con la ayuda de un “proxy” usted puede mover físicamente su número de teléfono en Internet. Los números no están asociados a un sitio concreto sino que se pueden mover siempre y cuando notifiquemos al “proxy” de nuestra (nueva) ubicación. Como el “proxy” funciona como un intermediario, es capaz de indicar a las partes dónde se encuentran los teléfonos. Este servidor intermedio en SIP aprende la posición de sus usuarios durante un proceso que se conoce como “registro”.

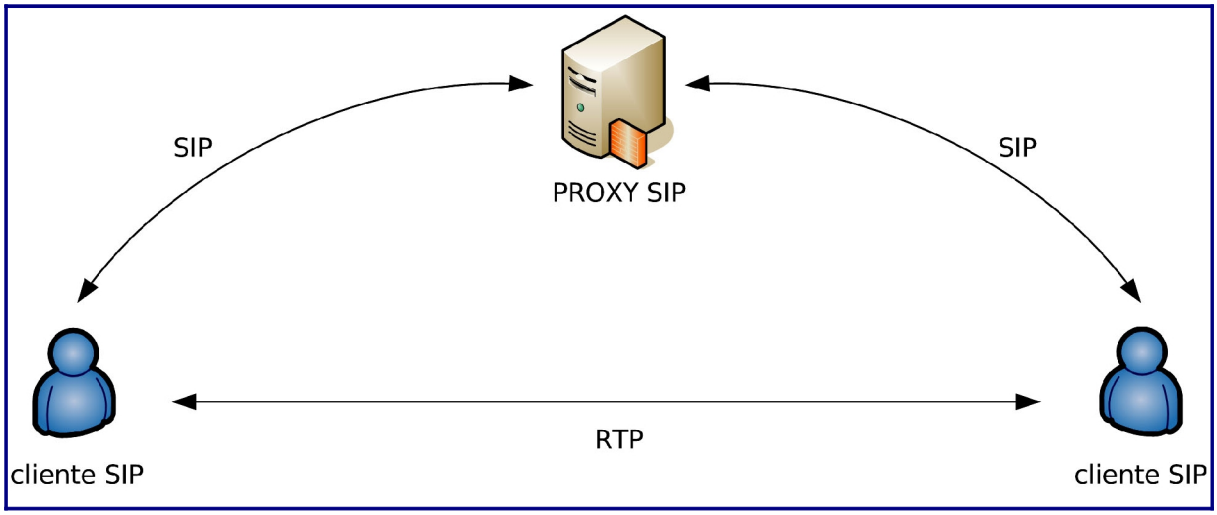


Figura 2: El proceso de registro entre clientes y el servidor “proxy”. La señalización (SIP) y las conversaciones de voz (RTP) viajan por caminos diferentes.

15. Una de las grandes diferencias entre la telefonía tradicional y la IP es que la calidad de servicio de una conversación se puede negociar.

4.4.3 Protocolos en tiempo real y el NAT

En Internet, las conversaciones que usan señalización de tipo SIP resultan en flujo constante de paquetes de pequeño tamaño entre los comunicantes. Estos paquetes de voz hacen uso de otro protocolo llamado RTP.



El protocolo de transporte de tiempo real o Real-time Transport Protocol (RTP) es el encargado de llevar las conversaciones (la voz) de un lado a otro. En el RTP se define un mecanismo estándar para enviar audio y vídeo en Internet. De la misma forma que en una conversación existen dos flujos de voz, en una conversación en una red IP tenemos dos flujos de paquetes RTP.

Los Network Address Translators (NATs) son los grandes enemigos del RTP.



Una red con un NAT consiste en varios computadores compartiendo, con el mundo exterior, una sóla dirección IP pública. Las máquinas situadas dentro de la red NAT usan direcciones "privadas". Aunque el NAT permite conectar más fácilmente computadores a la red, lo hace al precio de no permitir una conexión puramente bi-direccional.

El efecto de un NAT en voz sobre IP es que no se pueden recibir conexiones iniciadas desde el exterior.

Existen varios problemas relacionados con NAT y VoIP. El más común de los problemas es conocido como "audio en una sola dirección" (one-way audio). Como recordará, una conversación está compuesta por dos flujos de paquetes RTP distintos. En presencia de un NAT, sólo el flujo de dentro a fuera no es bloqueado; el flujo de fuera a dentro no tiene la misma suerte y puede atravesar el NAT. La consecuencia: el que inicia la llamada desde dentro del NAT no puede escuchar a la otra parte. Si los dos comunicantes se encuentran dentro de NATs las cosas se complican aún más, hasta el punto de que ningún flujo de audio llega a su destino final.

Por desgracia, las direcciones IP privadas y los NAT están especialmente presentes en todos los lugares de las regiones en desarrollo. Configurar una red con señalización SIP y NATs no es trivial. Esta guía incluye algunos consejos generales en la sección que describe los escenarios prácticos.

4.4.4 Inter-*Asterisk* eXchange (IAX)

La segunda versión del protocolo de comunicación entre *Asterisks* (Inter-*Asterisk* eXchange) se conoce como IAX2.[16] IAX2 es una alternativa al protocolo de señalización SIP. IAX2 fue creado como

16. IAX2 es un protocolo de telefonía IP que utiliza un reducido número de bits en las cabeceras y que está diseñado para permitir la comunicación entre centralitas y clientes *Asterisk*. El contenido de voz en los paquetes se envía usando una cabecera de tan solo 4 octetos (32 bits). Una cabecera más compleja de 12 octetos se utiliza con los paquetes de control y en algunos paquetes especiales de voz (uno por minuto aproximadamente).

parte del desarrollo de la PBX *Asterisk*. A diferencia del SIP, que usa dos flujos de datos para voz y otros dos para señalización, IAX2 usa sólo un par de flujos donde voz y datos coexisten. Esta forma de enviar tanto las conversaciones como la señalización por el mismo canal se conoce como *in-band,* en contraste con el método que usa SIP, el *out-of-band*[17].

Debido a su diseño, IAX2 es la opción más adecuada en regiones en desarrollo donde existen gran presencia de NATs. Además, IAX2 es capaz de empaquetar llamadas simultáneas en un solo flujo de paquetes IP. Este mecanismo es conocido como "trunking" y su implementación resulta en ahorros en el consumo de ancho de banda.



El concepto de "trunking" se puede explicar con la siguiente metáfora: imagínese que necesita mandar cinco cartas a gente que vive en otro país. Una posibilidad es usar un sobre por cada una de las cartas; la otra es usar un único sobre e incluir el nombre del destinatario final en la cabecera de cada una de las cartas. La agregación de llamadas en telefonía IP funciona de la misma forma y permite enviar múltiples cartas (llamadas) en un único sobre (paquete IP).



En resumen, el diseño de IAX2 es más adecuado para regiones en desarrollo por tres razones:

1. Reduce el uso de ancho de banda por llamada.
2. Está diseñado para operar en presencia de NATs (soporte nativo) y es más fácil de usar detrás de los cortafuegos.
3. Reduce aún más el ancho de banda cuando se realizan varias llamadas simultáneas (como resultado del "trunking")

4.5 Equipamiento para VoIP

4.5.1 Teléfonos VoIP

Un teléfono de VoIP o teléfono IP es un equipo especialmente diseñado para conectarse a una red de telefonía IP. Los teléfonos IP pueden implementar uno o varios protocolos de voz sobre IP.[18]

17. La idea de enviar la señalización dentro del canal de voz (in-band) obliga a separar los paquetes de voz de los paquetes de señalización. Aunque este diseño requiere más gasto de procesamiento (CPU) ofrece mejores propiedades en presencia de cortafuegos y NATs.
18. En Septiembre del 2006 ya existen varias compañías que han fabricado teléfonos IP con soporte IAX2.



Algunas de las características que debe tener en cuenta cuando compre un teléfono IP son:

- Ancho de banda reducido: inclusión de codecs de alta compresión (e.g. G.729, gsm, speex).
- Buena interfaz de administración: inclusión de interfaz web.
- Salida de audio: inclusión de salida externa de audio y soporte de manos-libres (para educación a distancia).

Existen muchos modelos en rango de precios de 100-120 USD que hacen mucho más de lo que va a necesitar y funcionan perfectamente con *Asterisk.*[19]

4.5.2 Telefonía con Software – Soft Phones

Una alternativa al uso de equipos dedicados (físicos) de VoIP es el uso de programas para emularlos. Estos programas se conocen como "soft phones" y funcionan en cualquier computador personal. El único requerimiento es tener una tarjeta de sonido en funcionamiento y estar seguro de que el cortafuegos instalado en su máquina no está bloqueando a la aplicación.[20]

Si quiere reducir el ancho de banda usado por sus conversaciones elija un "soft phone" que tenga soporte para el protocolo IAX2 y active un codec de alta compresión.

4.5.3 Tarjetas de interfaz a la RTB

Si quiere encaminar las llamadas de sus terminales de VoIP a la red telefónica tradicional (RTB) necesitas un periférico especializado en la PBX. Una solución modular para *Asterisk,* que permite conectar líneas y teléfonos analógicos, es una tarjeta PCI fabricada por Digium: *TDM400P wildcard* (la palabra inglesa wildcard significa "comodín").

19. Como parte de esta guía hemos evaluado de manera positiva los siguientes modelos con *Asterisk*: SwissVoice IP10S (150 USD), Thomson ST2030 (100 USD), Gulfstream Budgetome (75 USD) y el Cisco 7940 (300 USD).
20. Los siguientes teléfonos "softphones" han sido evaluados como parte de este guía: IAXClient (IAX2), X-Lite (SIP)

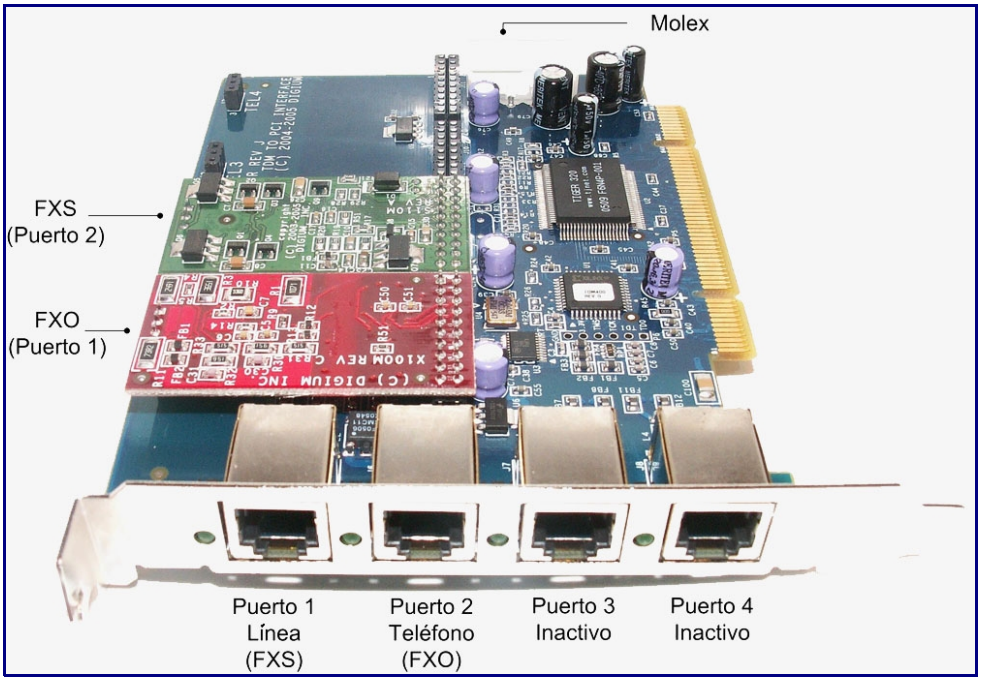


Figura 3: Una tarjeta TDM400P con sus cuatro puertos. Los dos primeros puertos (Puerto 1: FXO, Puerto 2: FXS) están ocupados mientras que los dos últimos puertos (Puerto 3 y 4) están inactivos.

La tarjeta, conocida como "TDM wildcard" o simplemente "TDM", tiene cuatro puertos y se llama "wildcard" porque permite insertar un máximo de cuatro expansiones. Las expansiones son módulos de unidades FXO o FXS. Desde el punto de vista práctico esto significa que a la TDM se le pueden conectar hasta cuatro líneas telefónicas (4 módulos FXO), o dos líneas entrantes (2 FXO) y dos teléfonos analógicos (2 FXS modules), etc.



Una buena idea es comprar inicialmente la versión de la TDM400P con dos módulos. Un módulo FXO (para conectar una línea telefónica) y un FXS (para conectar un teléfono analógico). Si en el futuro necesita expandir la tarjeta siempre puede añadir módulos extra más tarde.

4.5.4 Adaptador para Teléfonos Analógicos (ATA)

Un adaptador para teléfonos analógicos (ATA) o en breve, adaptador telefónico (TA) conecta un teléfono ordinario a una red de VoIP. Un ATA tiene un conector RJ-11 (el conector de teléfono) y un RJ-45 (el conector de red o Ethernet). Un ATA funciona como si fuera un adaptador FXS, por un lado habla con el teléfono analógico y por el otro opera en modo digital con la red de voz IP. Si quiere implementar una red en una región en desarrollo no es una mala opción utilizar ATAs en lugar de

teléfonos IP. Los ATAs suelen ser más baratos y al ser más pequeños suelen ser más fáciles de "nacionalizar" en las aduanas. Otra de las ventajas de usar un ATAs es que puede conectar cualquier tipo de aparato telefónico a la red IP, por ejemplo, se pueden conectar una cabina telefónica (de monedas o tarjeta), un fax o un teléfono inalámbrico (DECT)[21].

Una de las opciones tipo ATA que usa el protocolo IAX2 es el modelo s101i de Digium. Este ATA también se le conoce con el nombre de IAXy[22].

4.5.5 Codecs



Un algoritmo coodificador/decodificador (codec) es un conjunto de transformaciones utilizadas para digitalizar la voz. Los codecs convierten tanto la voz en datos (bits) como los datos en voz.

Un codec toma una señal analógica y la convierte en una señal digital en un formato binario (0s y 1s). Existen muchas formas de digitalizar audio y cada una de esas formas resulta en un tipo de codec. En general se puede suponer que a mayor compresión se va a obtener mayor distorsión (peor calidad). Un codec se considera mejor que otro cuando es capaz de ofrecer mejor calidad de voz usando la misma cantidad de ancho de banda.

Un circuito de la RTB (el teléfono de siempre) usa un codec conocido como Modulación por Impulsos Codificados (MIC) del inglés Pulse Code Modulation (PCM). El MIC es un codec de alta calidad que necesita 64 kbps. Dos estándares de compresión MIC son el μ (u-law) y el a (a-law) (como la letra griega μ (mu) no siempre está disponible, a veces se sustituye por u) A estos estándares se les conoce también como G711u y G711a, respectivamente. El μ-law se usa normalmente en Norteamérica y el a-law en Europa. La familia de codecs G711 no requieren de gran procesamiento y por eso están disponibles en la mayoría (si no todos) los equipos de voz IP.

En países en desarrollo, el uso del G.711 no es viable porque requiere demasiado ancho de banda. Debe considerar otro tipo de codecs que hagan un uso más efectivo del los recursos disponibles en la red. Unas buenas opciones de codecs libres y que usan poco ancho de banda son el codec de GSM y el Speex. El G.729 es un codec propietario altamente robusto pero requiere de una licencia para su uso comercial.[23]

21. Los siguientes adaptadores telefónicos (ATA) han sido evaluados como parte de esta guía: Sipura SPA-3000, GlobelTex IAD
22. El IAXy es una ATA de reducido tamaño con soporte IAX2. El ATA no soporta codecs de alta compresión.
23. G.729 es un codec de 8 kbps (aprox. 30 kbps por conversación usando SIP). El codec fue desarrollado por un consorcio de organizaciones: France Telecom, Mitsubishi Electric Corporation, Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) y la Universidad de Sherbrooke. El precio del codec es de 10 USD.
Ver http://www.digium.com/en/products/voice/g729codec.php

4.6 Calidad de servicio



La calidad de servicio o Quality of Service (QoS) es la capacidad de la red para ofrecer mejoras en el servicio de cierto tipo de tráfico de red. Uno de los grandes retos al implementar VoIP, especialmente en regiones en desarrollo, es garantizar que exista un ancho de banda constante para las conversaciones.

Para ofrecer una buena calidad en la conversación, el ancho de banda que necesitan los dos flujos de tráfico se debe garantizar con independencia del estado del resto de las conexiones (incluso si la conexión a Internet está altamente ocupada). Cuando diseñe una red de voz IP debe intentar optimizar el ancho de banda, controlar las fluctuaciones de retardo (jitter), y minimizar la latencia.[24]

4.6.1 Latencia



Latencia es sinónimo de retraso, y mide el tiempo que tarda un paquete en viajar de un punto a otro.

Para mejorar la calidad de las conversaciones de voz sobre IP es necesario reducir los retrasos al máximo, dando la máxima prioridad al tráfico de voz. Dar más prioridad a los paquetes de voz significa que se les deja "saltarse la cola" de salida y así ocupar una mejor posición que el resto de los paquetes que están esperando para ser transmitidos.

Si la comunicación requiere el uso de un enlace por satélite va a tener que contar con, al menos, una latencia de 300 ms (0.3 segundos). Para poder reducir el retraso tiene que implementar buenas políticas de calidad de servicio en los enrutadores (routers) y conmutadores (switches) por los que atraviesa su tráfico de voz. Aunque una conversación es técnicamente posible si existen dos o más enlaces de satélite entre los comunicantes, tiene que estar preparado para esperas del orden de un segundo. Una regla de oro para minimizar la latencia es colocar su centralita (PBX) en el segmento menos congestionado o saturado de la red.

4.6.2 Jitter – Fluctuaciones de velocidad



En VoIP, el jitter es la variación del tiempo entre la llegada de distintos paquetes. Estas variaciones son debidas a la saturación de la red, la falta de sincronismo o los cambios dinámicos en las rutas.

24. Debe prestar atención especial a los casos donde vaya a usar VoIP en redes inalámbricas, como las que están basadas en IEEE 802.11b/g/a. En estas redes tiene que asegurarse que le da prioridad al tráfico de voz.

En redes con grandes cambios de velocidad se puede usar un "jitter buffer" para mejorar la calidad de la conversación. Un buffer es un registro intermedio donde se almacenan los paquetes hasta su procesamiento. La idea básica del "jitter buffer" es retrasar deliberadamente la reproducción del sonido para garantizar que los paquetes más "lentos" hayan llegado. Los paquetes se almacenan en el buffer, se reordenan si es necesario y se reproducen a una velocidad constante. La calidad de voz mejora al precio de incrementar la latencia total.

Muchos equipos de VoIP permiten ajustar el tamaño del "jitter buffer." El buffer es ese área donde los paquetes se almacenan para luego ser enviados al procesador de voz en intervalos constantes. El tamaño del buffer se mide en milisegundos. Si el buffer es de 200 ms significa que introducimos un retraso (esperamos ese tiempo) antes de reproducir la voz.



Existen dos tipos de jitter buffers: estático y dinámico. Un buffer estático está implementado como parte del equipo y configurado de manera fija por el fabricante. El dinámico se configura usando un programa y lo puede cambiar el usuario.

Un valor común del jitter buffer es de 100 ms. Al incrementar el buffer vamos a mejorar la calidad de la conversación pero no olvide que lo que está haciendo es incrementar el retardo total (latencia). Debe buscar un valor de compromiso. Tenga en cuenta que un retraso total muy por encima de 300 ms hace muy difícil tener una conversación.

5. Manos a la obra - Creando su propia PBX

5.1 ¿Qué es lo que necesito?

Lo primero que va a necesitar es un computador personal. Cualquier máquina fabricada después del año 2000 debe tener suficiente potencia para hacer funcionar *Asterisk*. A medida que su sistema crece (especialmente si usa codecs de alta compresión) tendrá que considerar un buen procesador y memoria, pero para empezar cualquier máquina es buena. El computador debe funcionar con cualquier distribución del sistema operativo Linux.[25]

La manera más barata de empezar es utilizar "softphones". El primer ejercicio es aprender a configurar *Asterisk* para poder establecer una llamada entre dos "softphones" a través de su PBX. Sus primeros ensayos los puede hacer con dos computadores con tarjetas de sonido. Instale dos clientes de VoIP en cada uno de los computadores y use un tercero para instalar y configurar *Asterisk*.

En el caso de que quieras usar equipos físicos de voz IP (teléfonos VoIP o ATA), o conectarte con la RTB vas a necesitar algunos de los componentes descritos en la Sección 3.5.[26]

25. Si usted es nuevo/a en el mundo de Linux puede pedir un CD de la distribución Ubuntu. http://www.ubuntu.com
26. Un buen distribuidor de equipamiento de voz IP con descuentos especiales a organizaciones sin ánimo de lucro es http://www.avanzada7.com

Si quiere construir una PBX portátil y de bajo consumo de energía consulte las soluciones basadas en placa base mini-ITX. Como parte de esta guía construimos una centralita usando el modelo EPIA M10000 (también conocida como Nehemiah). La placa base tiene dos ranuras PCI donde puede conectar la tarjeta multiuso Digium TDM400P que es compatible con el estándar PCI 2.2.[27]

5.1.1 Consejos de instalación



Ésta es una lista de consejos de instalación si necesita instalar una tarjeta PCI TDM400P:

- Asegúrese de que su máquina tenga una ranura PCI 2.2 libre.
- Si va a usar un módulo FXS en la tarjeta TDM400P tiene que tener un cable de alimentación con un conector "molex" libre.[28]
- Si va a usar una placa base de tamaño reducido como las mini-ITX va a necesitar una "riser PCI". La tarjeta "riser" gira la posición de la TDM400P 90 grados. Es necesario girar la tarjeta para que entre dentro de la caja.
- ¡No conecte una línea telefónica a un puerto FXS! Al conectar un puerto FXS con otro FXS se puede quemar el módulo.

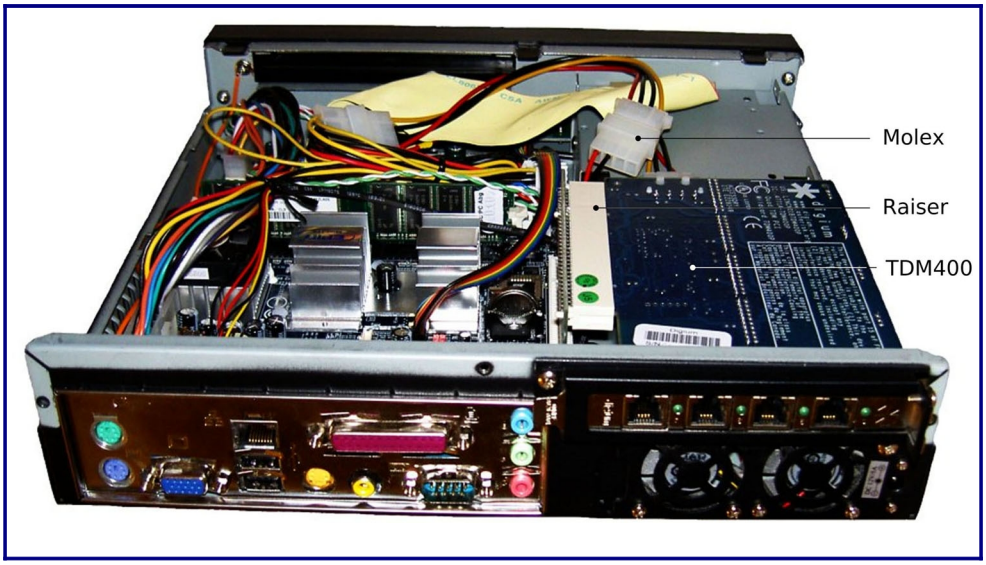


Figura 4: Una central telefónica portátil basada en una placa mini-ITX con una tarjeta Digium TDM400P

27. Un "centralita portátil" le permitirá demostrar la tecnología y al mismo tiempo le ofrece la posibilidad de transportar su propio demostrador como equipaje de mano.
28. Un conector del tipo Molex es un conector de alimentación de 4-pin de uso común en PCs. Los cables amarillos y rojos dan una tensión de +12V y +5V respectivamente, el cable negro es tierra.

6. Instalando Asterisk

Asterisk no es sólo un programa de gran tamaño sino que, además, sigue creciendo al integrar más funcionalidades cada día. Su diseño y arquitectura es tan potente como flexible. La flexibilidad de *Asterisk* también implica cierta complejidad debido a las numerosas posibilidades y opciones. El programa es una herramienta tan potente que puede hacer probablemente todo lo que se puede imaginar, pero los primeros pasos no son fáciles. Aprender a configurar *Asterisk* me recuerda a esas largas noches de hace diez años delante de la pantalla intentando configurar las primeras versiones del servidor web *Apache* o el *Sendmail*. *Asterisk* puede hacer tantas cosas que su reto va a ser aprender a hacer bien tan sólo unas pocas.

La metodología que hemos tomado en esta guía no es la de listar todas las posibles órdenes, sino la de citar algunas durante la descripción de tres escenarios prácticos. Los escenarios han sido elegidos para que le sirvan de referencia en sus propias instalaciones. Los ejemplos, aunque básicos, le permitirán la creación de sistemas telefónicos mucho más complejos. Hemos decidido (intencionadamente) simplificar las configuraciones al máximo. Somos conscientes de que algunos de los ejemplos se pueden resolver de otras maneras, no se olvide de que usted es libre de experimentar y explorar por sí mismo.

6.1 Compilando Asterisk

Como cualquier programa libre, existen *dos* formas principales de instalarlo. El primer método consiste en descargar el código fuente de la red y compilar su propia versión binaria. El segundo método consiste en descargar una versión ya compilada en forma de paquete.

Si decide compilar *Asterisk* desde su código fuente los siguientes consejos le pueden ser de utilidad:

- Descargue el código fuente de *Asterisk* de http://www.asterisk.org[29]
- Para una versión básica no necesita bajar los paquetes de “add ons” o “sounds”.
- Para poder compilar *Asterisk* desde el código fuente es necesario tener un entorno de compilación en su sistema. Asegúrese de que tiene los siguientes paquetes instalados:
    - bison (un generador de analizadores sintácticos)
    - zlib y zlib-devel (bibliotecas de compresión – desarrollo)
    - ncurses y ncurses-dev (bibliotecas de utilidades de consola - desarrollo)
    - openssl y openssl-dev (libssl-dev) (SSL – bibliotecas de desarrollo)
    - libc6-dev (cabeceras y bibliotecas de desarrollo GNU C)
    - gcc y make (el compilador C de gnu y la utilidad make)

La compilación de *Asterisk* no es diferente de otro programa de código libre en Linux:

29. A septiembre del 2006, la última versión estable de *Asterisk* es la 1.2.12. La última versión del controlador de la familia de tarjetas Zapata es la 1.2.9.

Para compilar:	**# make**
Para instalar:	**# make install**
Para instalar los “scripts” de arranque:	**# make config**
Para instalar los archivos de configuración de ejemplo:	**# make samples**
Para instalar la documentación de desarrollo:	**# make progdocs**

Si quiere usar una tarjeta Digium Wildcard(tm) con *Asterisk* va a tener que compilar e instalar un controlador llamado zaptel (módulo del kernel):

- Descargue el código fuente del Zaptel de http://www.asterisk.org. Por desgracia, el controlador de zaptel no forma parte del núcleo (kernel) de Linux y tiene que crear sus propios módulos.
- Asegúrese de que las cabeceras del núcleo del kernel (paquete kernel-headers) esté instalado en su sistema.[30]

6.2 Descargando Asterisk

También es posible descargar *Asterisk* ya compilado. El programa compilado (binario ejecutable) se obtiene en la forma de “paquete.” Un paquete contiene todos los archivos necesarios para ejecutar un programa. Dependiendo de la distribución de Linux que esté usando existen paquetes en distintos formatos (rpm, deb o tgz). Si está usando una distribución basada en Debian, puede descargar e instalar *Asterisk* usando la utilidad *“apt”*. Ejecute la orden *apt-get install* con los siguientes paquetes:

Paquete	**Descripción**
Asterisk-classic (obligatorio)	PBX en código libre – versión original de Digium
Asterisk-config (sugerido)	archivos de configuración para *Asterisk*
Asterisk-dev (opcional)	archivos de desarrollo para *Asterisk*
Asterisk-doc (sugerido)	documentación para *Asterisk*
Asterisk-sounds-extra (opcional)	archivos adicionales de sonido para *Asterisk*
Asterisk-sounds-main (opcional)	archivos de sonido para Asterisk

Al día de hoy, no existe una versión binaria (compilada) del controlador del núcleo “zaptel”. No tiene más opción que seguir el método descrito en la sección anterior. Descargue el código fuente del controlador del núcleo (zaptel kernel drive) y cree el módulo con la utilidad *make* y *make install*. No olvide que antes de compilar el controlador necesita tener instaladas las cabeceras del núcleo (kernel) de Linux.

30. Puede consultar la versión del núcleo/kernel de su máquina usando la orden # uname -a. Por ejemplo si está usando un sistema con Ubuntu Dapper (x386) tiene que instalar el siguiente paquete de cabeceras: headers linux-headers-2.6.15-25-386

Paquete	Descripción
zaptel (obligatorio)	Utilidades para Zaptel
zaptel-source (obligatorio)	Código fuente del controlador del núcleo Zaptel
linux-headers-2.6.15-25-386 (depende su distribución)	Cabeceras del núcleo de Linux para Ubuntu Dapper x386 Kernel

6.3 Órdenes básicas en Asterisk

Asterisk tiene dos componentes internos: un servidor que normalmente funciona en segundo plano y un cliente (CLI) que supervisa el servidor. Tanto el servidor como el cliente se invocan usando la orden *"Asterisk"* pero utilizando distintos argumentos.

Una vez que tengas *Asterisk* instalado, tiene que aprender algunas órdenes básicas:

Arrancar/Parar *Asterisk* desde el arranque (run level)	**#/etc/init.d/asterisk (start|stop)**
Arrancar *Asterisk* desde la línea de órdenes	**# asterisk**
Arrancar el servidor en modo de depuración	**# asterisk -vvvc**

Arranque en modo de depuración o "verbose" (-vvv) y abra un cliente en modo consola (-c). Con un cliente en modo consola (CLI) puede supervisar lo que esta pasando en el servidor.

Si el servidor está funcionando en segundo plano se puede conectar usando el cliente con el argumento (-r). **# asterisk -r.**

CLI órdenes básicas:

Recarga la configuración	**#CLI>reload**
Activa el modo de depuración para SIP o SIP o IAX2	**#CLI> IAX2 debug** **#CLI> SIP debug**
Desactiva el modo de depuración para SIP o IAX2	**#CLI> IAX2 no debug** **#CLI> SIP no debug**
Muestra el estado de "usuarios", "peers"[31] y "canales" para SIP o IAX2	**#CLI> sip show users** **#CLI> sip show peers** **#CLI> sip show channels** **#CLI> iax2 show peers** **#CLI> iax2 show users** **#CLI> iax2 show channels**

31. N.T. El término "peer" se traduce al castellano como "compañero o par". En el caso concreto de *Asterisk* los términos "user" and "peer" se usan para clasificar los tipos de conexiones IP al sistema.

6.4 archivos de configuración

El número de archivos de configuración que tienes que modificar para hacer funcionar *Asterisk* depende del tipo de tecnologías VoIP que quiera usar en su instalación actual de manera simultánea. La lógica básica para configurar *Asterisk* se puede resumir en los dos pasos siguientes:

Paso 1: Defina y configure los canales de comunicación

Primero, tiene que definir y configurar el tipo de canales de comunicación que quiera usar. Una manera muy fácil de entender lo que es un canal de comunicación es imaginarse un "cable". Los canales en telefonía IP no son los cables físicos, sino cables lógicos. Como Internet le permite tener muchas sesiones concurrentes en el mismo cable físico, podemos definir múltiples canales lógicos que operan simultáneamente en el mismo medio.

Recuerde que *Asterisk* le permite interconectar distintos dispositivos usando diferentes protocolos de VoIP. Los archivos de configuración que necesita preparar están asociados al tipo de tecnología VoIP que vaya a usar. No es mala idea instalar los archivos "ejemplo" (samples) como referencia.

Paso 2: Defina reglas para sus extensiones (Crear un plan de marcado)

El segundo paso es definir cómo van a interactuar cada uno de los canales entre sí. Una vez que ha definido un canal, garantice que las conversaciones puedan entrar y salir de su PBX, pero además tiene que definir cómo se encaminan cada una de esas conversaciones. Por ejemplo, puede preferir que una llamada entrante desde la RTB se envíe automáticamente a un teléfono IP o, puede definir una conexión entre dos teléfonos IP separados 20 kms a través de una red inalámbrica. Todo ese tipo de "inteligencia" entre los canales se debe crear en un archivo de configuración conocido como *extensions.conf*. El archivo de extensiones contiene todas esas reglas de gestión de llamadas a las que se conoce como el *plan de marcado* o *dial plan*.

Para que se hagas una idea más intuitiva de este tipo de conceptos, piense en los sistemas de telefonía más antiguos. En esos sistemas, existía una persona (el operador) que era responsable de conectar físicamente los cables telefónicos entre dos terminales. Para que una llamada fluyera entre dos líneas de comunicación (canales) se necesitaba contactar primero con el operador (PBX) e informarle de nuestras intenciones. El archivo de extensiones en nuestra PBX suplanta el rol del operador tradicional.

En nuestros tres escenarios vamos a usar cinco archivos de configuración:

Archivo de Configuración	Descripción
/etc/asterisk/extensions.conf (siempre obligatorio)	Contiene el plan de marcado (dialplan). Interconecta los canales.
/etc/asterisk/sip.conf	Se usa para configurar canales tipo SIP (teléfonos SIP y proveedores SIP)
/etc/asterisk/iax.conf	Se usa para configurar canales tipo IAX2 (teléfonos IAX2 y

Archivo de Configuración	Descripción
	proveedores IAX2)
/etc/asterisk/zapata.conf	Se usa para configurar las tarjetas de interfaz RTB tipo Zapata. *Asterisk* usa la configuración para habilitar el canal(es) de la tarjeta en el arranque
/etc/zaptel.conf	Configuración de bajo nivel de la tarjeta zaptel. Indica qué dispositivo del tipo zaptel estamos usando. La utilidad Zaptel Configurator tool "ztcfg" usa este fichero de configuración antes de arrancar *Asterisk*

6.5 Peers, Users y Friends

Uno de los temas más complicados de *Asterisk* (o al menos lo ha sido para mí durante mucho tiempo) es el del uso de la opción *peer*, *user* y *friend* en los archivos *iax.conf* y s*ip.conf.*Los términos *peer, user* y *friend* se usan para clasificar las llamadas entrantes y salientes. Mientras que un "user" es una conexión que se autentifica con nuestra PBX (i.e. una llamada entrante), un "peer" es una llamada saliente. Los "users" nos llaman y nosotros llamamos a los "peers."[32] Un "friend" es una conexión que se puede comportar tanto como "user" o como "peer", es decir una conexión saliente o entrante.

Cuando nos llega una conexión entrante del tipo "user" o "friend" tenemos que decidir qué hacer con la conexión. El término "contexto" se usa para definir qué reglas o grupo de reglas del plan de marcado (*extensions.conf*) se deben aplicar a esa llamada concreta. El "contexto" de una llamada entrante se encarga de asociarla con un conjunto de reglas presentes en el plan de marcado. El "contexto" representa el punto de entrada de la llamada en el plan de marcado.

El archivo *extensions.conf* incluye todos los "números" a los que se puede acceder desde la PBX en distintas secciones (contextos). Cada uno de los múltiples canales entrantes definidos en cada uno de los archivos de configuración (iax.conf, sip.conf, zapata.conf) se asocian a cierta sección (contexto) del plan de marcado.

32. Tiene que tomar en cuenta una de las excepciones a esta clasificación quizás simplista. Cuando uno de nuestros "peers" actúa como proxy de otros terminales IP, las llamadas entrantes desde ese "peer" se asocian a la sección "peer" correspondiente (en lugar de usar una sección tipo "user"). Esto es debido que cuando un "peer" actúa como proxy, no puede autentificar en favor de sus clientes. El proxy puede redirigir las llamadas a su centralita pero no puede autentificarse como el cliente final. *Asterisk* utiliza la dirección IP del "peer" para seleccionar la sección adecuada del fichero de configuración. En resumen, una llamada saliente siempre es tipo "peer", una llamada entrante puede ser tipo "user", o tipo "peer" cuando la llamada entrante procede de un proxy.

7. Escenarios

7.1 Escenario A - Red telefónica privada en una comunidad rural

En nuestro primer escenario queremos instalar una PBX en el Telecentro de una comunidad rural y ofrecer telefonía IP a cuatro organizaciones de los alrededores. Después de completar la instalación, cada organización debe ser capaz de hacer llamadas telefónicas gratuitas[33] al Telecentro y a todos los socios conectados.

La siguiente tabla resume la información de cada una de las cuatro organizaciones y lista las cuatro tecnologías diferentes que se pueden usar para conectarse a la centralita. Con el objetivo de presentar un ejemplo lo más ilustrativo posible, hemos elegido una gran variedad de tecnologías de voz IP. En una implantación real debe considerar reducir el número de tecnologías con el fin de facilitar el soporte y mantenimiento.

Organización	Tecnología	Extensión
Biblioteca Comunitaria	Teléfono VoIP con protocolo SIP	462
Hospital Regional	ATA usando el protocolo SIP	463
Escuela de Primaria	ATA usando el protocolo IAX2	464
Asociación Ganaderos	Dos teléfonos “Soft Phones” usando SIP y IAX2	465, 466

7.2 Configurando los clientes VoIP

Antes de describir cómo configurar la PBX empezamos con una descripción de la instalación de cada uno de los clientes de VoIP.

7.2.1 Biblioteca Comunitaria

El primer cliente está situado en la biblioteca pública de la zona. La biblioteca está situada alrededor de 1 km del Telecentro. En esta organización vamos a instalar un terminal de voz IP con soporte para el protocolo SIP. El terminal está conectado directamente a nuestra PBX a través de una pasarela inalámbrica dedicada (enlace punto-a-punto en modo transparente o “bridge”). La dirección IP del terminal IP (192.168.46.2) está en el mismo segmento de red que nuestra PBX (192.168.46.1). Como el enlace inalámbrico está en modo transparente, la PBX y el terminal IP se comunican directamente y no tenemos que preocuparnos de los problemas relacionados con el NAT.

33. Una vez que la infraestructura de comunicaciones se ha desplegado podemos establecer tarifas reducidas para las llamadas internas que permitan cubrir los costos de ampliación y mantenimiento. El uso de voz sobre IP nos permite trabajar en modelos de desarrollo comunitario en donde se puede considerar las llamadas internas como gratuitas.

Para configurar cualquier tipo de terminal de voz IP consulte el manual del equipo y busque la manera de activar la interfaz de administración por Web.[34] Una vez que entre en la zona de administración busque cómo configurar por Web los siguientes parámetros básicos:

Parámetro	Valor
Dirección IP del teléfono VoIP	192.168.46.2
Dirección IP de la PBX (proxy SIP)	192.168.46.1
Registrar/Register	SI/YES
Nombre de Usuario (User/Auth name)	462
Caller ID	462
Clave/Password	462pass
Codec	G.711 (u-law)

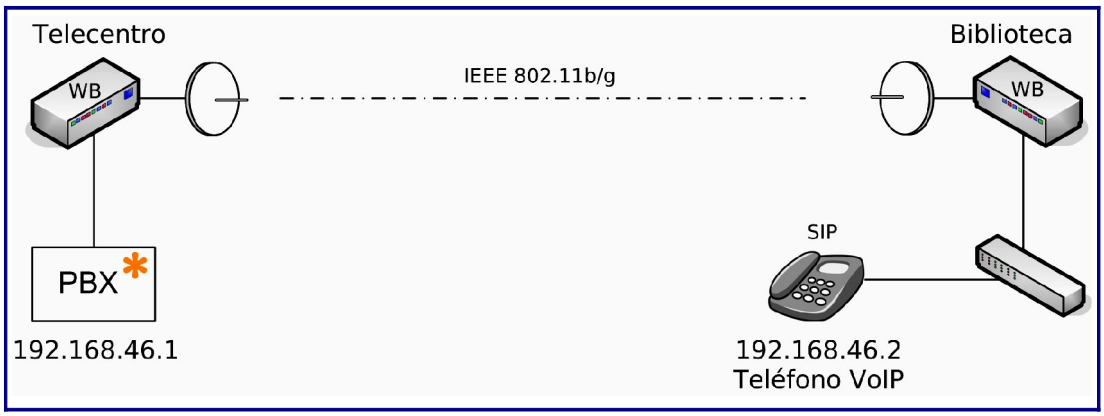


Figura 5: La biblioteca comunitaria está conectada a la PBX a través de una pasarela inalámbrica. El enlace punto a punto permite al terminal de VoIP hacer y recibir llamadas.

7.2.2 Hospital Regional

El segundo cliente de nuestra red interna es un ATA situado en el hospital. El hospital local está situado al otro lado de la calle, en frente del Telecentro. La conexión entre el Telecentro y el hospital es un cable de par trenzado de 100 metros (ethernet Cat5). La manera de configurar un ATA no es muy diferente a la de configurar un teléfono VoIP. Siguiendo los mismos pasos que en el ejemplo anterior vamos a usar la interfaz de administración web y completar los siguientes parámetros:

34. Existen tres mecanismos básicos para configurar la dirección IP de un teléfono. Teclado: configurar la dirección IP de teléfono a través del teclado del terminal. DHCP: conectar el teléfono a una red con DHCP y extraer la dirección de la información ofrecida por el servidor DHCP. IP de fábrica: leer la documentación para conocer la dirección IP que viene por defecto en el terminal.

Parámetro	Valor
Dirección IP del ATA	192.168.46.3
Dirección IP de la PBX (SIP proxy)	192.168.46.1
Registrar/Register	SI/YES
Nombre de Usuario (User/Auth name)	463
Caller ID	463
Clave/Password	463pass
Codec	G.711 (u-law)

En lugar de conectar al ATA un teléfono tradicional decidimos usar un teléfono inalámbrico de tecnología DECT[35]. La estación base se conecta al puerto RJ-11 del ATA. El resultado es que podemos tener cobertura telefónica DECT en cualquier parte del hospital. El ATA hace de puente entre el teléfono sin cables y la red de voz sobre IP.

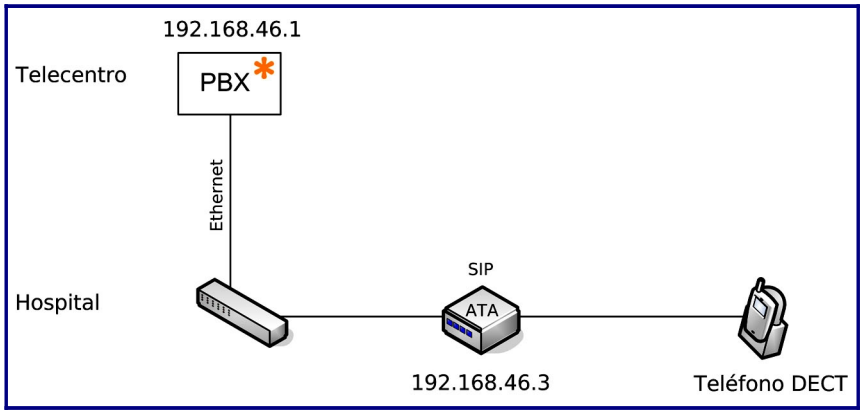


Figura 6: El Hospital está conectado al Telecentro a través de un cable de par trenzado de 100 m. Un teléfono sin hilos (DECT) está conectado al ATA. El ATA se registra con la PBX usando el protocolo SIP.

7.2.3 Escuela Primaria

El tercer cliente de nuestra red es la escuela de primaria. La escuela está en un edificio adjunto al Telecentro y también se puede conectar con cable de par trenzado. En la escuela se coloca otro equipo ATA, en este caso el equipo usa el protocolo IAX2 en lugar de SIP.

En la escuela usamos el modelo de ATA (interfaz FXS) s101i o IAXy. En este cliente conectamos un teléfono ordinario al puerto RJ11 del adaptador telefónico.

El IAXy no incluye una interfaz de configuración por web. La manera más fácil y cómoda de configurar la unidad es utilizar el propio *Asterisk*. La primera vez que conecte el ATA a la red, intente obtener una dirección IP por DHCP. Mire la información (logs) que le dé su servidor DHCP y tome buena nota de la

35. DECT, del inglés Digital Enhanced (formerly European) Cordless Telecommunications, es un estándar de comunicación inalámbrica para teléfonos portátiles que opera en 1.9 Ghz.

dirección IP del IAXy. El siguiente paso es editar el fichero */etc/asterisk/iaxprov.conf* incluyendo una sección parecida a la siguiente:

[iaxy_school]
ip: 192.168.46.4
netmask: 255.255.255.0
gateway: 192.168.46.1
codec: ulaw
server: 192.168.46.1.2
user: 464
pass: 464pass
register

Supongamos que su servidor DHCP le asignó la dirección IP 192.168.46.100 al ATA. Para actualizar la configuración de la unidad escriba desde la consola de *Asterisk* la siguiente orden:

#asterisk -r <ENTER>

#CLI> iax2 provision 192.164.46.100 iaxy_school

Si no quiere usar el propio *Asterisk* para actualizar el IAXy puede usar un programa de administración bajo Windows.[36]

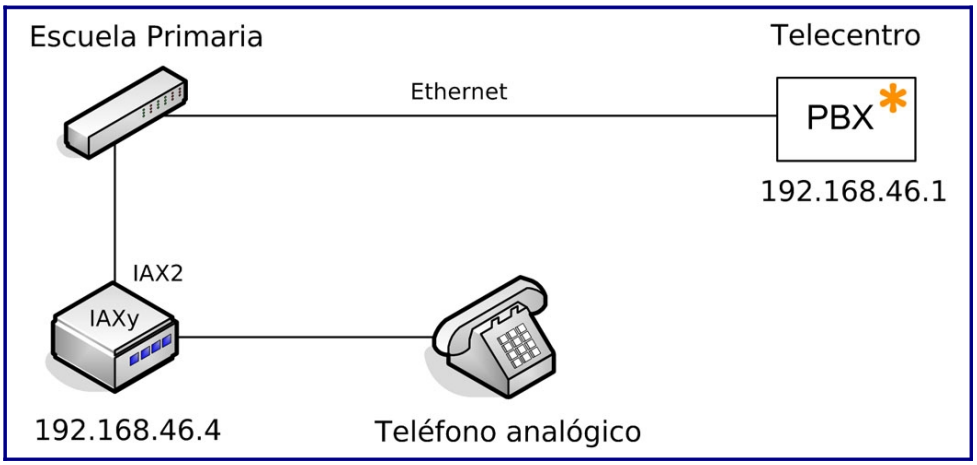


Figura 7: La escuela primaria está conectada a la PBX a través de un cable de par trenzado. Un ATA con soporte de IAX2 conecta un teléfono analógico a la centralita.

7.2.4 Asociación de agricultores

El cuarto cliente de nuestra red es la asociación de agricultores que está situada en un edificio a 20 kms de nuestras oficinas centrales (Telecentro). La asociación ya tiene dos computadores conectados

36. Existe un programa para sistema operativo Windows para gestionar un teléfono de voz IP IAXy disponible en: http://dacosta.dynip.com/asterisk

al Telecentro a través de un router NAT inalámbrico. El equipo inalámbrico tiene la dirección IP 192.168.46.5 y sirve una red interna (via NAT) con un rango de IPs (10.10.46.0/24). En las oficinas de la asociación vamos a instalar dos "Soft phones", uno usando el protocolo SIP y otro el protocolo IAX2.

El elemento que requiere más atención es el "Soft Phone" que usa SIP. Tenemos que asegurar que el audio funcione en las dos direcciones.

En el **"Soft phone" SIP**:

- Activar el registro con la PBX (register).
- Activar los mensajes que mantienen la conexión activa con la PBX (keep-alive packets).[37]
- Activar la posibilidad de recibir audio por el mismo puerto que lo enviamos.

En la **PBX**:

- Configurar en *Asterisk* que el teléfono está dentro de un NAT.

Un buen "Soft Phone" que usa SIP y que funciona bien dentro de los NATs es el programa *X-Lite* de *Xten*.[38]

El "Soft Phone" que usa IAX2 no necesita una configuración especial para funcionar dentro de un NAT. Lo único que tiene que asegurar es que el puerto de comunicaciones de IAX2, el UDP puerto 4569, no esté bloqueado. Una buena opción de "Soft Phone" con soporte para IAX2 es *iaxcomm*.[39]

Desde el punto de vista conceptual no existen diferencias entre la configuración de un programa cliente de telefonía IP en un computador y un terminal físico. Use los valores de usuario/clave 465/465pass y 466/466pass en cada uno de los programas. Asegúrese de que el codec G711 (u-law) esté activado y de que la dirección de la PBX (proxy) sea la 192.168.46.1.

37. Los paquetes "Keep-alive" son paquetes "vacíos" cuya única finalidad es asegurar que la conexión NAT se mantiene abierta/viva para recibir llamadas entrantes.
38. Hay disponible una versión gratuita del programa X-ten en: http://www.xten.com/index.php?menu=download
39. *IaxComm* se puede descargar desde: http://iaxclient.sourceforge.net

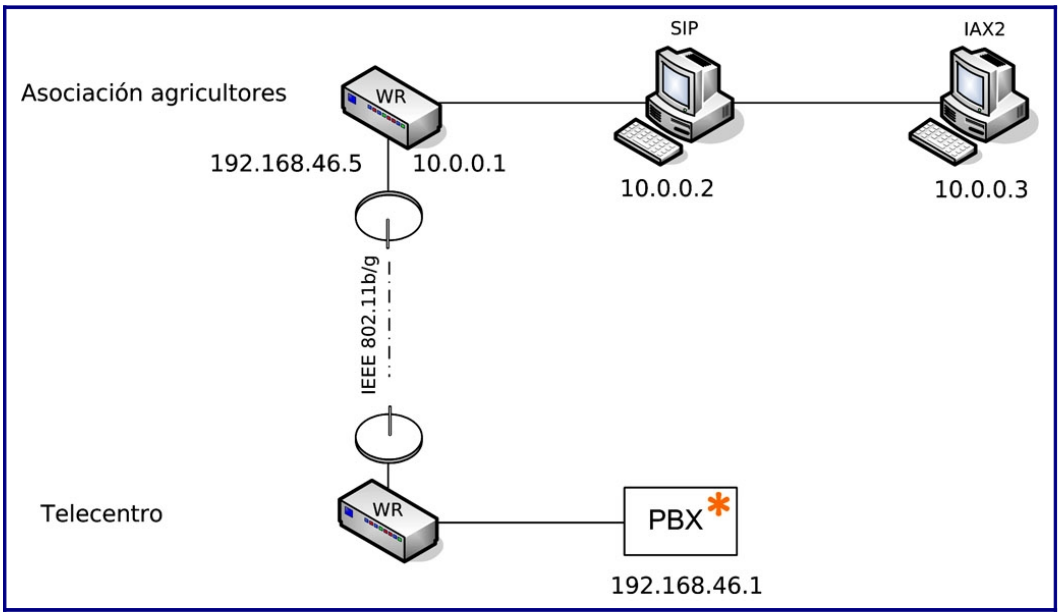


Figura 8: La asociación de agricultores está conectada a la centralita a través de un NAT inalámbrico. Un programa de telefonía "soft phone" está instalado en cada uno de los computadores. El primer cliente usa el protocolo SIP mientras que el segundo usa IAX2.

7.3 Configurando Asterisk

Paso 1: Definir y configurar los canales de comunicación

En nuestro primer escenario vamos a usar dos tipos de canales de comunicación: SIP y IAX2. Por lo tanto, tenemos que editar los archivos *sip.conf* y *iax.conf.*

Tenga en cuenta que los comentarios dentro de los archivos de comunicación en Asterisk comienzan por punto y coma (;).

En el fichero *sip.conf*, incluya los siguientes datos:

```
[462]
type=friend                ; Hacemos y recibimos llamadas
secret=462pass
context=internal_calls     ; Todas las "llamadas entrantes" están asociadas
                           ; al contexto internal_calls
host=dynamic
callerid=Library
disallow=all               ; Primero desactivamos todos los codecs
allow=ulaw                 ; Luego activamos el/los codecs que podemos usar
```

[463]

type=friend

secret=463pass

context=internal_calls

host=dynamic

callerid=Hospital

disallow=all

allow=ulaw

[465]

type=friend

secret=465pass

context=internal_calls

host=dynamic *; No sabemos la IP por adelantado.*

; Aprendemos la IP cuando el usuario ser registra

callerid=Farmers1

disallow=all

allow=ulaw *; Opciones específicas para soporte NAT*

nat=yes *; Se usan la IP,puerto del NAT*

qualify=yes *; Tráfico "dummy" para mantener la conexión viva*

Y en *iax.conf*, tenemos las siguientes opciones:

---

[464]

type=friend

secret=464pass

context=internal_calls

host=dynamic

callerid=School

disallow=all

allow=ulaw

[466]

type=friend

secret=466pass

context=internal_calls

host=dynamic

callerid=Farmers2

disallow=all

allow=ulaw

Paso 2: Definir las reglas en el plan de marcado (crear las extensiones)

En el primer escenario tenemos todos los canales (users) asociados al mismo contexto (internal calls). Por lo tanto, sólo tenemos que definir un contexto en el plan de marcado en *extensions.conf* (ver más abajo).

[internal_calls]

exten => 462,1,Dial(SIP/462)

exten => 463,1,Dial(SIP/463)

exten => 465,1,Dial(SIP/465)

exten => 464,1,Dial(IAX2/464)

exten => 466,1,Dial(IAX2/466)

exten => t,1,Hangup() *; Extensión especial (Timeout)*

exten => i,1,Hangup() *; Extensión especial (Inválido)*

exten => s,1,Hangup() *; Extensión especial (Sin Destino)*

La sintaxis del fichero de extensiones *extensions.conf* es muy intuitiva:

Los corchetes *[nombre_contexto]* indican dónde empieza el contexto y su nombre de identificación. Los nombres de los contextos se han definido en los archivos de canales de comunicación *sip.conf* y *iax.conf.* (Paso 1)

- Cada una de las secciones del plan de marcado está asociada a un contexto. Cada una de las líneas dentro del contexto tienen el formato: **exten =>** *numero, prioridad, acción*

En el ejemplo anterior estamos creando todas las extensiones (462 a 466) y poniéndolas disponibles dentro del contexto *[internal_calls]*. La orden *Dial()* crea un canal SIP o IAX2 con los "peers" de nombre 462 a 466.

8. Escenario B - Conectando la RTB

Nuestro segundo escenario es el resultado de añadir al Escenario A un nuevo canal de comunicaciones. El objetivo es incluir en la red privada anterior un canal hacia la red telefónica tradicional (RTB). Para ello, es necesario añadir a la PBX una interfaz hacia la red telefónica.

En este ejemplo proponemos el uso de una tarjeta PCI TDM400P de *Digium* con un puerto FXO. Como recordará, la tarjeta TDM400P es una interfaz al que se le pueden incluir hasta cuatro módulos FXS/FXO. El uso de un módulo FXO te permitirá conectar la PBX a una línea telefónica analógica.

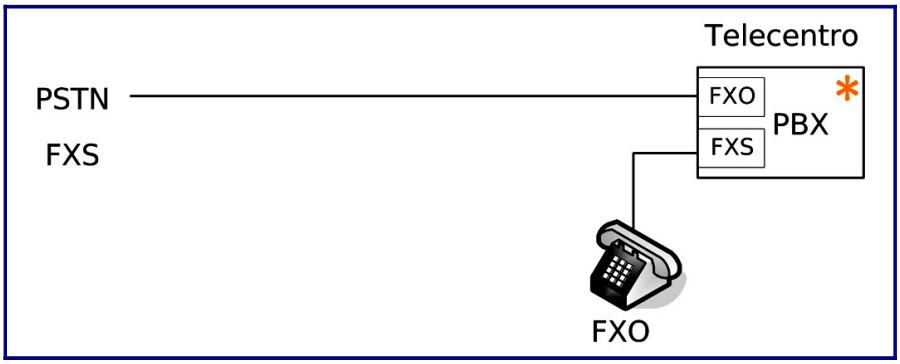


Figura 9: El Telecentro usa una tarjeta TDM400P wildcard para (1) conectar la PBX a la RTB (módulo FXO) y (2) añadir una extensión al teléfono analógico (FXS module).

8.1 Incluir el soporte para la tarjeta TDM400P

Los pasos necesarios para poner en funcionamiento la interfaz TDM son cuatro:

Paso 1: Insertar la tarjeta PCI

El primer paso es conectar la tarjeta PCI de medio-tamaño en una de las ranuras libres de su placa madre. Asegúrese de que el conector de tipo *molex* (12/5 volt) de la interfaz TDM esté conectado a la fuente de alimentación de su computador. La tarjeta TDM recibe corriente a través de un conector hembra conocido como *molex* (es el mismo tipo de conector de 4-hilos con el que se alimentan los discos duros IDE). Si su fuente de alimentación no tiene un conector macho disponible tendrá que añadir un divisor de corriente (power splitter).

Paso 2: Instalar los controladores del dispositivo

El segundo paso es asegurarse de que los controladores del dispositivo estén disponibles (se compilaron correctamente y están cargados). Ejecute el comando *#lsmod*, debería ver el controlador

wctdm cargado. Observe que el controlador *wctdm* depende del zaptel, que a su vez depende del *crc_ccitt*.

lsmod

zaptel 191748 7 wctdm

crc_ccitt 2304 3 hisax,zaptel,irda

Paso 3: Configurar la tarjeta TDM400P con la utilidad *ztcfg*

El tercer paso es configurar el dispositivo. Los controladores *wctdm* han sido diseñados para funcionar con una combinación cualquiera de módulos FXS y FXO. Para indicar al controlador que estamos usando un módulo del tipo FXO en el primer puerto de la tarjeta editamos el fichero */etc/zaptel.conf* con la configuración más básica:

fxsls=1

loadzone=us ; loadzone=es para España

defaultzone=us ; defaultzone=es

La primera línea *fxsls=1* significa que estamos usando señalización FXS del tipo *Loopstart* en el puerto 1. Recuerde que un módulo FXO necesita señalización FXS.

La segunda y tercera línea del fichero de configuración indican el tipo de "tonos" usados en la línea. El sonido y cadencia de los tonos de marcado o de línea ocupada varían de un país a otro.[40]

Usamos *ztcfg*, una utilidad de configuración de dispositivos zaptel que se instala como parte del código fuente de *Asterisk* o el paquete zaptel. Ejecutamos */sbin/ztcfg* para cargar y ejecutar el fichero de configuración */etc/zaptel.conf*.

Al ejecutar la utilidad debería obtener el siguiente resultado:

ztcfg -vv

Zaptel Configuration

==========

Channel map:

Channel 01: FXS Loopstart (Default) (Slaves: 01)

1 channels configured.

Paso 4: Configurar *Asterisk* para usar el equipamiento Zapata

El cuarto y último paso es configurar *Asterisk* para que reconozca y use la tarjeta interfaz TDM. Esto creará un nuevo canal de comunicaciones. Editamos el fichero de configuración */etc/asterisk/zapata.conf* de la forma:

[channels]

40. La lista completa de las especificaciones de tonos por países está disponible en: http://www.itu.int/ITU-T/inr/forms/files/tones-0203.pdf

usecallerid=yes

hidecallerid=no

callwaiting=no

threewaycalling=yes

transfer=yes

echocancel=yes

echotraining=yes

context=incoming_pstn

signalling=fxs_ls

channel => 1

Las tres últimas líneas del fichero *zapata.conf* son las más importantes para una configuración básica. La línea *context=incoming_pstn* indica que todas las llamadas entrantes por el canal de RTB se asociarán a ese contexto. Las siguientes dos líneas indican el tipo de señalización: *fxs_ls* (FXS con Loopstart) y que las llamadas llegan por el canal/puerto 1 de la TDM, *channel => 1.*

Una vez que tenga configurado este nuevo tipo de canal (TDM zapata) sólo le queda decidir cómo gestionar las llamadas entrantes y salientes de la RTB.

8.1.1 Gestión de llamadas entrantes desde la RTB

En nuestro segundo escenario decidimos que el comportamiento ideal para las llamadas entrantes desde la RTB es el siguiente: una vez que una llamada entra por la línea analógica, queremos que se descuelgue un sistema automático de atención por tonos (IVR). El sistema (nuestro *Asterisk*) preguntará por la extensión deseada, una vez que el número de extensión se introduzca por el terminal (tonos DTMF) la llamada se encaminará a una de las extensiones.

La idea principal es permitir compartir un sólo número de la RTB con todas las extensiones. Esta "inteligencia" se implementa en el fichero *extensions.conf.* Añadimos una nueva sección (contexto) *[incoming_pstn]* de la siguiente forma:

[incoming_pstn]

exten => s,1,Answer() *; Contestamos la llamada entrante*

exten => s,2,DigitTimeout(10) *; Configuramos los valores máximos para*
; introducir el número de extensión

exten => s,3,ResponseTimeout(20)

exten => s,4,Background(vm-extension); Un mensaje de voz pregunta: ¿extensión?

exten => i,1,Goto(incoming_pstn,s,1) ; Repetir preguntar si extensión inválida

exten => t,1,Hangup() *; Colgar*

include => internal_calls ; Pone a disposición todas las extensiones internas

Nota: la versión final completa del fichero *extensions.conf* está disponible en la *Section 7.3.*

8.1.2 Gestión de llamadas salientes por la RTB

Para que cada uno de los teléfonos IP puedan usar la línea analógica de salida creamos un nuevo contexto *[outgoing_calls]*.

[outgoing_calls]

exten => _0.,1,Dial(Zap/1/${EXTEN:1})

exten => t,1,Hangup()

La extensión especial "_0." significa que para alcanzar la RTB se debe empezar marcando el numero "0". La orden *Dial()* crea el puente entre la llamada IP desde los terminales y el canal analógico *Zap/1* (canal 1). Por último ${*EXTEN:1}* significa que el número que se marcará por el canal analógico es el número marcado desde los terminales internos IP sin el primer dígito. En nuestro caso se quita el *"0"* inicial al marcar por la RTB.

Una vez que hemos creado un nuevo contexto en el plan de marcado *[outgoing_calls]*, es necesario que los terminales tengan acceso a la extensión de salida. La manera más fácil de conseguirlo es añadir una línea del tipo *include => outgoing_calls* al final del contexto *[internal_calls]*

include => outgoing_calls

8.2 Añadiendo un terminal analógico a la PBX

En nuestro primer escenario hemos configurado cinco terminales de VoIP en cuatro organizaciones, pero el Telecentro que aloja la PBX no tiene ninguna extensión de voz. La manera más simple de añadir al Telecentro su extensión de voz es instalar un módulo FXS en la PBX. La tarjeta TDM400P tiene 3 puertos libres, usamos el segundo puerto de la PCI para incluir el módulo FXS. Una vez que tengamos el módulo FXS configurado podemos conectar un terminal analógico (FXO) al puerto 2 de la PBX.

El proceso es simple; después de apagar la PBX, insertamos el módulo FXS en el segundo puerto de la tarjeta TDM. Después de arrancar el sistema, añadimos una línea más *fxo_ls=2* al fichero de configuración */etc/zaptel.conf*.

fxsls=1

fxols=2

loadzone=us ; loadzone=es para españa

defaultzone=us ; defaultzone=es

Para asegurar que el segundo puerto (FXS) ha sido detectado tiene que usar la herramienta *ztcfg* (o incluirla en el arranque) con el siguiente resultado:

#ztcfg -vv

Zaptel Configuration

==========

Channel map:

Channel 01: FXS Loopstart (Default) (Slaves: 01)

Channel 02: FXO Loopstart (Default) (Slaves: 02)

2 channels configured.

Una vez que el sistema operativo puede hacer uso del nuevo puerto en la TDM, configuramos *Asterisk* en */etc/asterisk/zapata.conf* para que pueda hacer uso de un nuevo canal analógico (el teléfono). En el mismo fichero de configuración indicamos que las llamadas entrantes desde el teléfono analógico (puerto 2 de la tarjeta TDM) se deben asociar al contexto *[internal_calls]*

[channels]

usecallerid=yes

hidecallerid=no

callwaiting=no

threewaycalling=yes

transfer=yes

echocancel=yes

echotraining=yes

context=incoming_pstn

signalling=fxs_ls

channel => 1

;Añadimos un módulo FXS

context=internal_calls

signalling=fxo_ls

channel => 2

8.3 Actualización del plan de marcado

Necesitamos un nuevo plan de marcado con dos nuevas funcionalidades:

1. Permitir tanto llamadas entrantes como salientes por la RTB (canal zapata 1).
2. Incluir el nuevo terminal (canal zapata 2) a nuestro plan de marcado. El terminal analógico (FXO) en el Telecentro debe poder hacer y recibir llamadas.

El fichero *extensions.conf* para nuestro segundo escenario tiene el siguiente aspecto:

```
[incoming_pstn]
exten => s,1,Answer()
exten => s,2,DigitTimeout(10)
exten => s,3,ResponseTimeout(20)
exten => s,4,Background(vm-extension)
exten => i,1,Goto(incoming_pstn,s,1)
exten => t,1,Hangup()
include =>  internal_calls
[internal_calls]
exten => 461,1,Dial(Zap/2)        ; Extensión 461 llama por el canal Zap 2
exten => 462,1,Dial(SIP/462)
exten => 463,1,Dial(SIP/463)
exten => 465,1,Dial(SIP/465)
exten => 464,1,Dial(IAX2/464)
exten => 466,1,Dial(IAX2/466)
exten => t,1,Hangup()
exten => s,1,Hangup()
exten => i,1,Hangup()
include => outgoing_calls     ; Salida RTB disponible a todos los clientes
[outgoing_calls]
exten => _0.,1,Dial(Zap/1/${EXTEN:1}) ; Quita el 0 antes de marcar por RTB
exten => t,1,Hangup()
```

9. Escenario C - Conectando comunidades mediante VoIP

En nuestro tercer y último escenario queremos conectar nuestro Telecentro con un centro de capacitación a distancia situado en otro país. La conexión de datos se realizará a través de un enlace de satélite tipo VSAT. Una vez que tengamos funcionando la conexión a Internet podemos usarla para realizar tanto llamadas internacionales al centro de capacitación como a otros destinos.

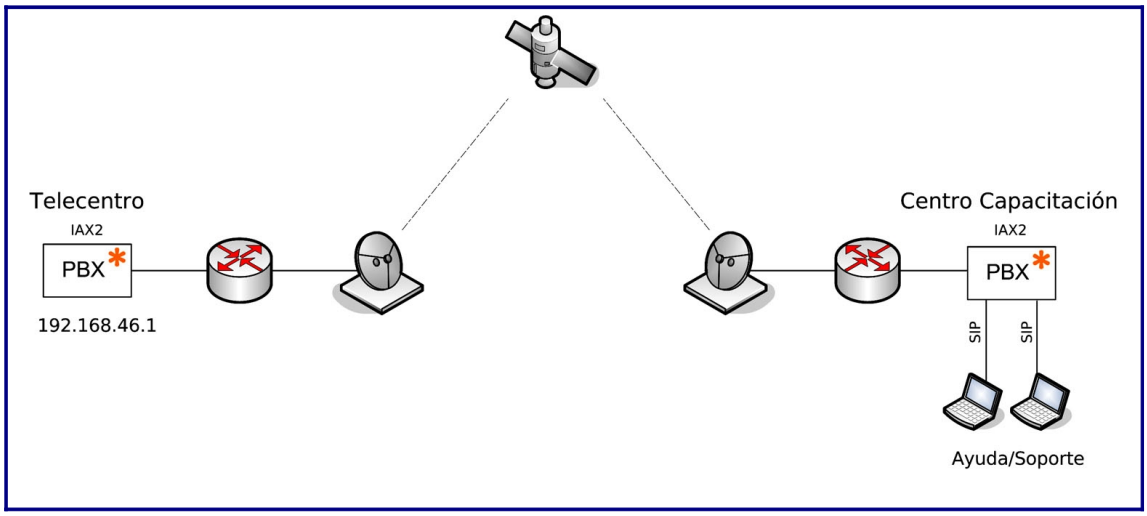


Figura 10: Tanto el Telecentro como el Centro de Capacitación tienen su centralita *Asterisk*. Las centralitas están interconectadas gracias a un enlace de satélite tipo VSAT.

9.1 Problemas más comunes en enlaces vía satélite

La conexión a Internet desde el Telecentro tiene un ancho de banda muy limitado (128/64 Kbps) por lo que debemos diseñar una solución que haga un uso óptimo del ancho de banda disponible. En el siguiente ejemplo proponemos conectar dos centralitas usando *Asterisk* y el protocolo IAX2 de voz sobre IP. Además de usar IAX2 en lugar de SIP, utilizaremos un codec de alta compresión como el G.729. Para terminar, activaremos el "trunking" de llamadas que permite agregar varias llamadas simultáneas en el mismo flujo de paquetes IP.

Un escenario muy común en entornos con VSATs es la escasez de direcciones IP públicas que se ofrecen en la conexión a Internet. Si no tiene ninguna dirección pública IP disponible para su centralita tiene que asegurarse de que el puerto de comunicaciones IAX2 es visible desde el exterior. Para hacer visible el puerto debe redirigir las conexiones al puerto UDP 4569 a la PBX.

- Si su conexión usa un enrutador del tipo Cisco con NAT tiene que usar una configuración parecida a la siguiente.

  #ip nat inside source static udp 192.168.46.1 4569 interface fastEthernet 0/0 4569

- Si su enrutador usa Linux puede redirigir las conexiones al puerto 4569 a su máquina *Asterisk* (192.168.46.1) usando el programa de gestión de rutas: iptables

  #/sbin/iptables -t nat -A PREROUTING -p udp --dport 4569 -i eth0 -j DNAT --to-destination 192.168.46.1:4569

Independientemente del tipo de equipo que esté usando para encaminar su tráfico a Internet, lo realmente importante es recordar que su centralita tiene que ser accesible desde el exterior.[41]

41. El puerto por defecto de comunicaciones IAX2 es UDP 4569.

9.2 Interconectando dos servidores con Asterisk

9.2.1 Telecentro

El fichero de configuración iax.conf en el Telecentro debería parecerse al siguiente:

```
[general]
bindaddr = 0.0.0.0
tos = lowdelay
disallow = all
allow = ulaw
allow = g729                    ; Permitimos el uso del codec G.729
register => server2:server2pass@training_voip.org
                                ; server2:server2pass es el usuario
                                ; y clave que usamos para registrarnos
; Cuenta de usuario que usará el Centro de Capacitación para registrarse con nosotros
[server1]
type=friend
user=server1
secret=server1pass
host=dynamic                    ; Aprendemos la dirección IP
                                ; cuando se registran con nosotros
context=incoming_training_centre_calls
auth=md5                        ; Añadimos seguridad en autentificación
disallow=all
allow=g729
trunk=yes                       ; Activamos el "trunking"
```

Para alcanzar el Centro de Capacitación desde nuestro Telecentro añadimos un nuevo contexto en el fichero *extensions.conf.* Cuando una llamada empieza por "99", redirigimos la conexión al centro de capacitación *[server1]* a través de Internet.

```
[outgoing_training_centre_calls]
exten => _99.,1,Dial(IAX2/server2:server2pass@server1/${EXTEN:2})
exten => _99.,2,Congestion      ; En caso de fallo, sonido de congestionado
```

El siguiente paso es decidir lo que hacemos con las llamadas provenientes del Centro de Capacitación. En el ejemplo hacemos sonar el teléfono analógico *(Zap/2)* en el Telecentro.

[incoming_training_centre_calls]

exten => _X.,1,Dial(Zap/2) ; Llamadas desde el centro de capacitación con cualquier
; número hacen sonar el teléfono analog. del Telecentro

9.2.2 Centro de capacitación

El fichero iax.conf del centro de capacitación es similar:

[general]

bindaddr = 0.0.0.0

tos = lowdelay

disallow = all

allow = g729 ; Usamos G.729

register => server1:server1pass@rural.telecentres.org
; Nos registramos como usuario server1

[server2]

type=friend

user=server2

secret=server2pass

host=dynamic

context=incoming_telecentres_calls

auth=md5

disallow=all

allow=g729

trunk=yes

Después de configurar el canal IAX2 en el Centro de Capacitación, vamos a añadir el contexto [*outgoing_telecentres_calls*] y [*incoming_telecentres_calls*] para gestionar las llamadas salientes y entrantes al/desde el Telecentro.

Creamos una regla en el plan de marcado para que las llamadas que empiecen por 88 se envíen al Telecentro (peer [*server2*] en *iax.conf*).

[outgoing_telecentres_calls]

```
exten => _88.,1,Dial(IAX2/server1:server1pass@server2/${EXTEN:2})
exten => _88.,2, Congestion
```

Las llamadas entrantes al Centro de Capacitación se redirigen a un centro de atención de usuario. En el siguiente ejemplo, las llamadas entrantes se reenvían al personal de ayuda usando un canal SIP *(SIP/support-desk)*

```
[incoming_telecentres_calls]
exten => _X.,1,Dial(SIP/support-desk)   ; Llamadas entrantes se envían al centro
                                        ; de atención de usuario (Support Desk)[42]
```

9.2.3 La función de registro

No se pueden realizar llamadas a un "peer" hasta que se conozca su dirección IP. Imagínese la situación donde sólo una de las dos centralitas tiene la dirección IP fija. El proceso de registro permite al "peer" hacer pública su dirección IP actual. En nuestro ejemplo anterior hemos usado dos órdenes de registro aunque la función de registro no sea estrictamente necesaria porque los comunicantes tienen IP fijas. Para usar las direcciones fijas en lugar del proceso de registro sustituimos la opción *host=dynamic* por la opción *host=<ip_address or domain>.*

10. Para aprender más

- Uno de los mejores libros sobre *Asterisk* es: *Asterisk*, The Future of Telephony*, Jim Van Meggelen, Jared Smith, Leif Madsen*. O'Really 2005. Licencia Creative Commons.

  http://www.oreilly.com/catalog/asterisk/

  Descarga libre en: http://www.asteriskdocs.org/modules/tinycontent/index.php?id=11
- Para no perder de vista lo que está pasando en el mundo de la telefonía IP puede consultar: http://www.oreillynet.com/etel/
- El sitio "VoIP info" es una *wiki* enorme con cientos de consejos y ayudas; aunque encontrar lo que uno realmente necesita puede llevar un poco de tiempo

  http://www.voip-info.org/wiki-Asterisk+tips+and+tricks

11. Conclusión

Esta guía es un intento de introducirles en el mundo de la telefonía IP. Esperamos que a través de algunos escenarios, haber sido capaces de hacerles conscientes de las infinitas posibilidades que ofrece la telefonía IP en regiones en desarrollo. La unión de la telefonía IP con las tecnologías inalámbricas de bajo costo permite ofrecer servicios de voz y datos a regiones excluidas. Estas

42. La canal SIP que se ejecuta con Dial() hacia el *support-desk* (servicio de atención de usuario) tiene que configurarse en la centralita del Centro de Capacitación.

tecnologías promueven la creación de nuevas redes comunitarias, redes operadas y mantenidas por las comunidades.

Los archivos incluidos como ejemplos pretenden servir de guía para ayudarle a poner en marcha su primer sistema de telefonía. Ningún documento puede compararse con la experiencia personal; ¡tenga paciencia!, su perseverancia es la clave para el aprendizaje. Y recuerde que no está solo/a –siempre puede pedir ayuda en los foros de discusión y compartir su experiencia con otros. ¡Bienvenido/a a la comunidad imparable de entusiastas de la telefonía IP!

¡Esperamos su llamada!

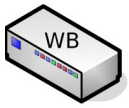
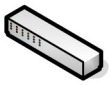
12. Tabla de Abreviaturas

Abreviatura	Descripción
ATA	Adaptador Telefónico Analógico
DECT	Comunicación Digital Inalámbrica Mejorada Digital Enhanced Cordless Telecommunications
FXO	Foreign Exchange Office
FXS	Foreign Exchange Station
GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles Global System for Mobile communication
IAX(2)	Protocolo de Intercambio de Asterisk (versión 2)
IETF	Grupo de Trabajo de Ingeniería de la Internet Internet Engineering Task Force
ITU/UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones International Telecommunications Union
IVR	Respuesta de Voz Interactiva Respuesta Vocal Interactiva Interactive Voice Response
NAT	Traductor de Direcciones de Red Network Address Translator
PBX (PABX)	Centralita Telefónica (Automática) Privada Private (Automatic) Branch Exchange
PCM/MIC	Modulación por Impulsos Codificados Pulse Code Modulation
PSTN/RTB(C)	Red de Telefonía Básica (Conmutada) Public Switched Telephone Network
QoS	Calidad de Servicio Quality of Service
RFC	Documento de Trabajo de Estandarización (Internet)

Abreviatura	Descripción
	Request For Comment
RTP	Protocolo de Tiempo Real Real-time Transport Protocol
SCCP	Protocolo de Control de Llamadas Skinny Skinny Call Control Protocol
SIP	Protocolo de Señalización de Sesión(es) Session Initiation Protocol
SS7	Sistema de Señalización (versión) 7 Signalling System 7
TA/ATA	Adaptador Telefónico Telephone Adapter
UDP	User Data Protocol
VoIP	Voz sobre IP. Telefonía IP
VSAT	Terminal de Pequeña Apertura (Comunicaciones por Satélite) Very Small Aperture Terminal

Descripción de las ilustraciones

	**Centralita PBX CON Asterisk**
	**ATA**
	**IAXY**

	**Enrutador inalámbrico ()**
	**Pasarela inlámbrica**
	**Switch**
	**Router**
	**Teléfono analógico**
	**Teléfono DECT**
	**Teléfono VoIP**
	**Softphone**
	**Antena parabólica**
	**VSAT terminal satélite**
	**Satélite**

13. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución - No Comercial - Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:´

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

El original fue llevado a cabo gracias al apoyo de la Iniciativa Acacia del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y a todos los que han hecho este trabajo posible: Adel El Zaim (Editor de árabe y francés), Anas Tawileh (Traductor al árabe), Iñaki Cívico y Sylvia Cadena (Editores al castellano), Johan Bilien (Traductor al francés) y Martin Benjamin (Editor al inglés). El artículo originalmente enviado por los autores fue ligeramente modificado en su estilo para mantener la concordancia con el resto de los materiales de este taller.



Unidad 16: Voz sobre IP. Práctica de Laboratorio

Autor: *Javier Triviño*

Tabla de Contenidos

1. Sobre de este documento..... 2
   1.1 Información de propiedad intelectual..... 2
   1.2 Grado de dificultad..... 2
2. Introducción..... 2
3. Desarrollo Práctico:..... 6
   3.1 Verificando conectividad en la red:..... 6
   3.2 Configurando los SIP adapter Linksys PAP2-NA:..... 7
   3.3 Configuración de SIP Phone:..... 14
   3.4 Configuración básica del Asterisk..... 16
      3.4.1 Configuración de las extensiones..... 16
      3.4.2 Configuración del plan de numeración 21
      3.4.3 Configuración del hardware para Asterisk (interfaz Zaptel FXO)..... 22
4. Referencias..... 23
5. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 24

1. Sobre de este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Está basada en las prácticas desarrolladas por la Fundación EsLaRed para los talleres de la Escuela de Redes/WALC.

1.1 Información de propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** para ver los términos completos de esta licencia:http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio”.

2. Introducción

Desde hace tiempo, los responsables de comunicaciones de las empresas tienen en mente la posibilidad de utilizar su infraestructura de datos para el transporte del tráfico de voz interno de la empresa. No obstante, es la aparición de nuevos estándares, así como la mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión de voz, lo que está provocando finalmente su implantación y la implementación de la VoIP.

Después de haber constatado que desde un PC con elementos multimedia es posible realizar llamadas telefónicas a través de Internet, podemos pensar que la telefonía en IP es poco más que un juguete, pues la calidad de voz que obtenemos a través de Internet es muy pobre. No obstante, si en nuestra empresa disponemos de una red de datos que tenga un ancho de banda bastante grande, también podemos pensar en la utilización de esta red para el tráfico de voz entre las distintas delegaciones o departamentos de la organización.

Las ventajas que obtendríamos al utilizar nuestra red para transmitir tanto la voz como los datos son evidentes:

1. Ahorro de costos de comunicaciones pues las llamadas entre los distintas departamentos de la empresa saldrían gratis.
2. Integración de servicios y unificación de estructura.

Realmente la integración de la voz y los datos en una misma red es una idea antigua, pues desde hace tiempo han surgido soluciones desde distintos fabricantes que, mediante el uso de multiplexores, permiten utilizar las redes WAN de datos de las empresas (típicamente conexiones punto a punto y Frame-Relay) para la transmisión del tráfico de voz. La falta de estándares, así como el largo plazo de amortización de este tipo de soluciones no ha permitido una amplia implantación de las mismas.

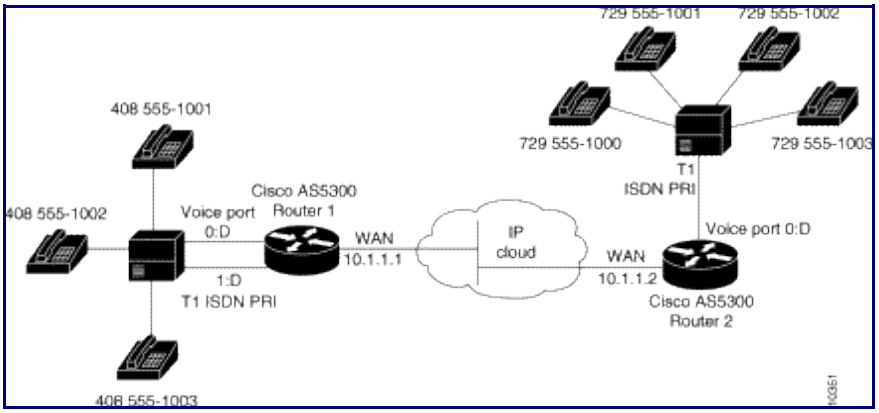


Figura 1: Ejemplo de red con conexión de centrales a routers CISCO que disponen de soporte VoIP

Es innegable la implantación definitiva del protocolo IP desde los ámbitos empresariales a los domésticos y la aparición de estándares para VoIP no podía hacerse esperar. Esto, junto con el abaratamiento de los DSP (Procesador Digital de Señal), los cuales son claves en la compresión y descompresión de la voz, son los elementos que han hecho posible el despegue de estas tecnologías. Para este auge existen otros factores, tales como la aparición de nuevas aplicaciones o la apuesta definitiva por VoIP de fabricantes como Cisco Systems. Por otro lado los operadores de telefonía están ofreciendo o piensan ofrecer en un futuro cercano, servicios IP de calidad a las empresas, evidentemente garantizando calidad de servicio en los enlaces.

Discutiremos los tópicos claves que inhiben voz sobre IP (VOIP) para ser populares entre los usuarios. Se discutirán protocolos y los estándares que existen hoy y los productos de VoIP de algunos fabricantes al interconectarse unos a otros y como se comunican.

El foco principal está en H.323 y SIP (protocolo de la iniciación de la sesión), que son los protocolos que marcan las pautas hoy en día en este campo tecnológico. También discutimos algunos estándares del hardware para la telefonía sobre Internet. Todo el desarrollo en Open Source como Asterisk IP PBX apunta a SIP e IAX como se discutirá en la práctica.

La voz sobre IP (VOIP) utiliza la Internet y los protocolos (IP) para transmitir voz como paquetes sobre una red del IP. VoIP se puede alcanzar e instalar en cualquier red de datos que utilice el protocolo IP, como Internet, Intranets y las redes de área local (LAN) o redes inalámbricas locales (WLAN). Aquí la señal de la voz se convierte a digital, se comprime y se convierte a los paquetes del IP y después se

transmite sobre la red. Los protocolos que se señalan aquí se utilizan para instalar y completar llamadas, llevar la información requerida para localizar a usuarios y para negociar el canal, una de las motivaciones principales para la telefonía del Internet es el costo implicado que sigue siendo muy bajo hasta tal punto que suele salir gratis las llamadas sobre la red IP. Algunas otras motivaciones son: Demanda para la comunicación, demanda de los servicios multimedia para la integración de las redes de voz y de datos.

Para que VoIP llegue a ser popular, algunas cuestiones claves necesitan ser aclaradas:

- Como IP fue diseñada para el transporte de datos, las redes IP no proporcionan garantías de entrega de paquetes en tiempo real sino proporciona solamente el mejor esfuerzo (IP no orientada a conexión). Para que los adtos no causen tráfico excesivo en las comunicaciones de voz y que estas lleguen a ser aceptables a los usuarios se retrasan paquetes, se comprimen, se evita transmisiones.
- Para asegurar la buena calidad de la voz, podemos utilizar la cancelación del eco, el paquete puede tener prioridad en las transmisiones de datos comunes en las redes LAN, (Prioritizacion) (que da una prioridad más alta a los paquetes de la voz) o la corrección de errores mediante técnicas aplicadas a la calidad de servicio (QoS).

Para estas practicas de telefonía sobre Internet, usaremos una herramienta basada en software libre muy conocida hoy día, se llama ASTERISK Open Source. www.asterisk.org.

Asterisk no es más que una PBX corriendo en una máquina con sistema operativo Linux aunque existen ya versiones que corren bajo Windows, en otras palabras Asterisk IP-PBX es una PBX basada en software.

Asterisk no es nuevo en la comunidad de open source, desde 1999 Mark Spencer empezó con los desarrollos y luego muchas personas de la comunidad de software libre han colaborado hasta posicionar este software en el mercado de VoIP, la necesidad de flexibilizar las antiguas y legendarias PBX impulsó el desarrollo de nuevas tecnologías de TDM a IP como hemos visto.

Asterisk como PBX, tiene todas las características técnicas que una PBX convencional.

1. Una Central Telefónica:
   - Interconecta puestos de trabajo vía extensiones telefónicas internas y privadas de una oficina.
   - Conecta extensiones a la PSTN.
   - Ofrece a las extensiones buzones de voz a los usuarios.
   - Desvía llamadas entre extensiones (Call Transfer).

- Ofrece llamada en espera (Call Waitting).
- Ofrece llamadas en conferencia (Conference call).
- Puede configurarse para que una operadora reciba llamadas y transmita las mismas a las extensiones internas.
- Provee el ~identificador de llamada entrante (Caller ID).
- Conecta también extensiones internas a extensiones de otras PBX.
- Son costosas, aún cuando tienen más de 30 años los costos de producción son muy elevados.

2. Una máquina con Linux y Asterisk puede :

- Operar bajo cualquier distribución de LINUX.
- Correr en cualquier PC (aunque puede tener limitaciones).
- Interconectar a la PSTN mediante puertos específicos a través de E1/T1 y circuitos TDM (nX64 kbps).
- Comunicar utilizando varios estándares de VoIP:
    - SIP (Sesion Initial Protocol)
    - IAX (Inter Asterisk Exchange)
    - H323.protocolo de comunicación de la UIT.
- Operar como una simple PBX de oficina.
- Ofrecer todas las funciones que hacen hoy día las centrales digitales (PBX) mas avanzadas TDM nX64 Kbps.
- TDMoIP y VoIP.

El comienzo con Asterisk no es sencillo pero existen distribuciones de Asterisk y Linux que vienen en un CD (live CD Asterisk), una de las distribuciones es trixbox (http://trixbox.net). Trixbox es una distribución basada en software libre Linux.

Instalando ASTERISK PBX:

apt get install asterisk (con esto instalara el asterisk en el servidor, en el caso de Linux Debian).

Asterisk y sus archivos:

• *Archivo de configuración SIP, configura los terminales y teléfonos de la red.*

• *Archivo de plan de numeración, y extensiones*.

• *Archivos de Hardware*

• *Archivos de voice mail.*

• Archivos de log.

• *Archivo de Registro de llamadas.*

3. Desarrollo Práctico:

3.1 Verificando conectividad en la red:

1. Revisemos la topología del laboratorio:

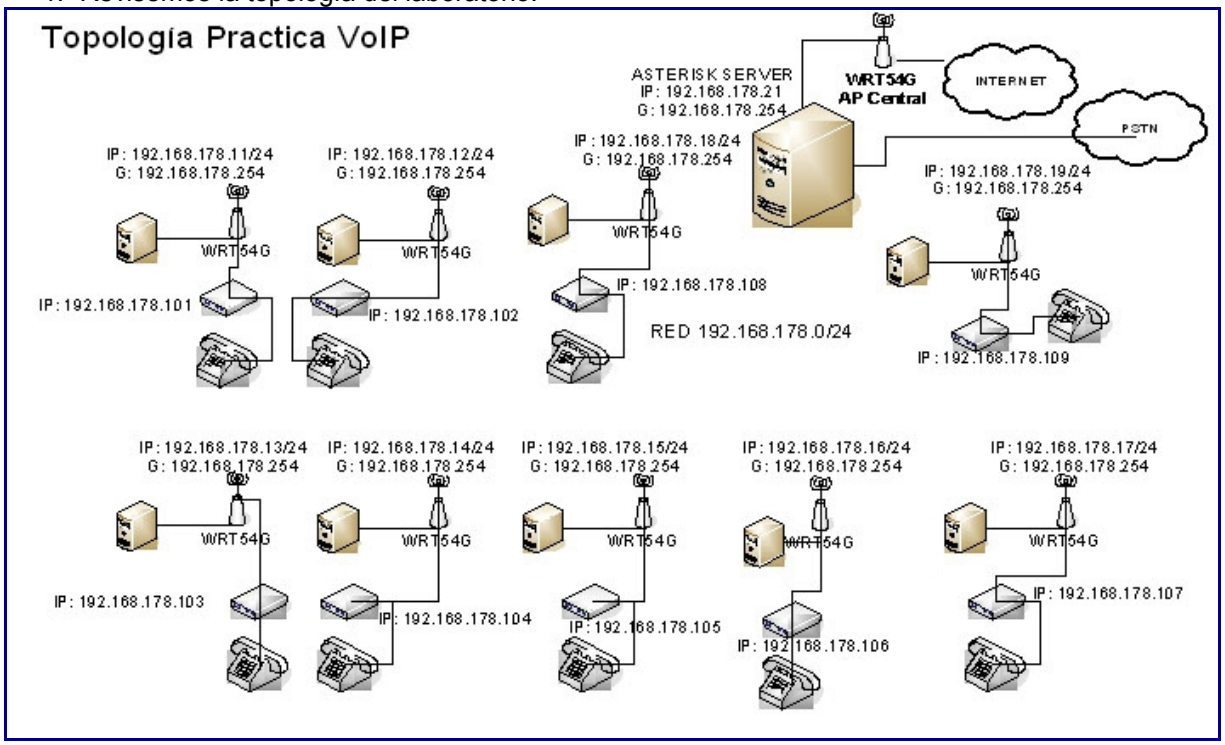


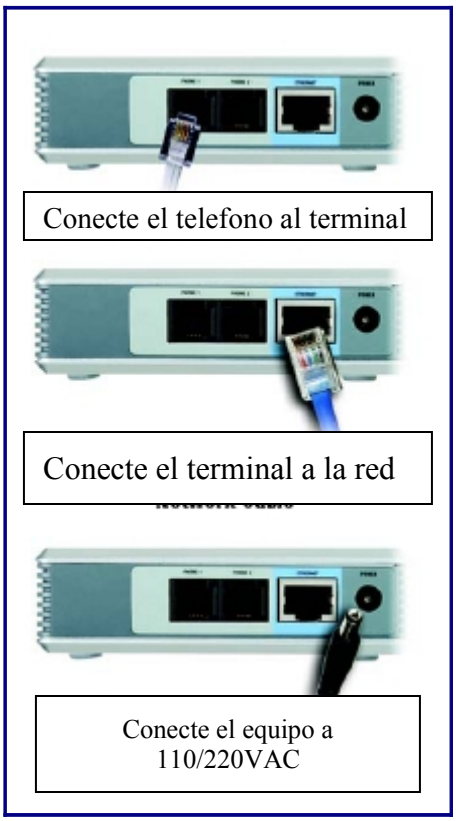
Figura 2: Topología del laboratorio Práctica. VoIP

2. Revisemos cada uno de los Access Point y verifiquemos que se comunican unos con otros, indistintamente se verifica la capa física y de enlace.

3.2 Configurando los SIP adapter Linksys PAP2-NA:

Pasos a seguir:

- Conecte el Terminal:



- Cada terminal posee un menú que puede ser accedido por el teclado del teléfono.
- (Acceso al Menú Principal).
- 73738# (reinicia por defecto el adaptador, deja por defecto el equipo).
- 110# (Comprueba la dirección IP del adaptador)
- 100# (Comprueba si el DHCP está habilitado o deshabilitado)
- http://www.linksys.com
- Una vez conocida la IP del equipo puede acceder al adaptador vía web:

    1. Acceda al equipo, una vez conocida la IP, por ejemplo si la dirección IP es la 192.168.178.100, entonces puede verificar las conexiones para entrar al menú de configuración:

2. http://192.168.178.100

3. Una vez configurada la parte de transporte de datos, continuamos con la configuración de los adaptadores de terminales.

1. Los adaptadores se les debe acceder vía http. Cada usuario deberá cargar la página de inicio del adaptador:

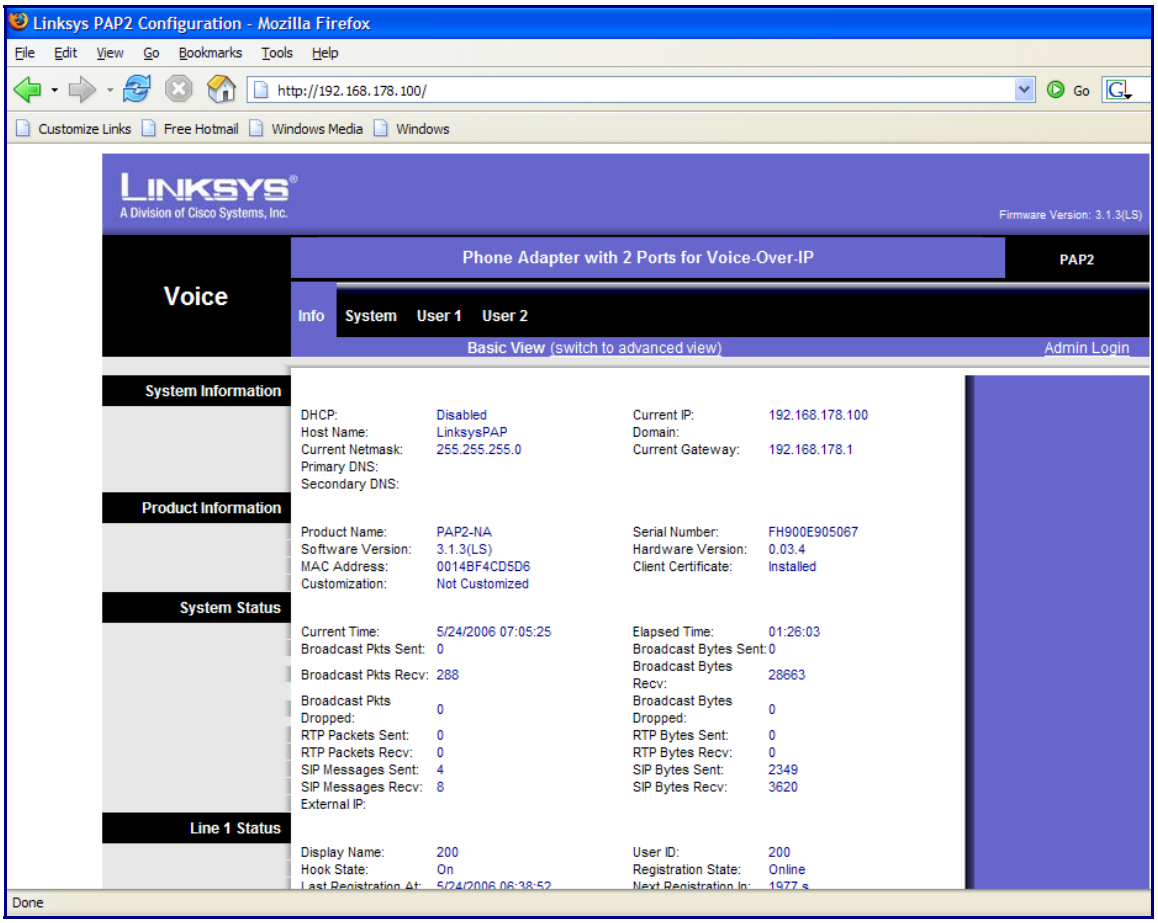


Figura 3: Adaptador Linksys PAP2-NA

- El usuario debe pasar a modo de administrador, del lado derecho conseguirá un link que lo conduce al modo de súper usuario.
    - Login: admin., Password: admin.

- Se deberá configurar los parámetros de la red, estos son:
    - Dirección IP correspondiente a la red de la siguiente manera:

Nombre	**Número Terminal**	**Protocolo**	**Terminal**	**Dir IP**
Servidor SIP		SIP/IAX	ASTERISK VoIP	192.168.178.21
Linksys 00	200	SIP	Instructor	192.168.178.100
Linksys 01	201	SIP	Grupo 01	192.168.178.101
Linksys 02	202	SIP	Grupo 02	192.168.178.102
Linksys 03	203	SIP	Grupo 03	192.168.178.103
Linksys 04	204	SIP	Grupo 04	192.168.178.104
Linksys 05	205	SIP	Grupo 05	192.168.178.105
Linksys 06	206	SIP	Grupo 06	192.168.178.106
X-lite	1000	SIP	Instructor	192.168.178.10
X-lite	1001	SIP	Grupo 01	192.168.178.31
X-lite	1002	SIP	Grupo 02	192.168.178.32
X-lite	1003	SIP	Grupo 03	192.168.178.33

        - Para configurar la dirección IP deberá entrar en el menú “System”

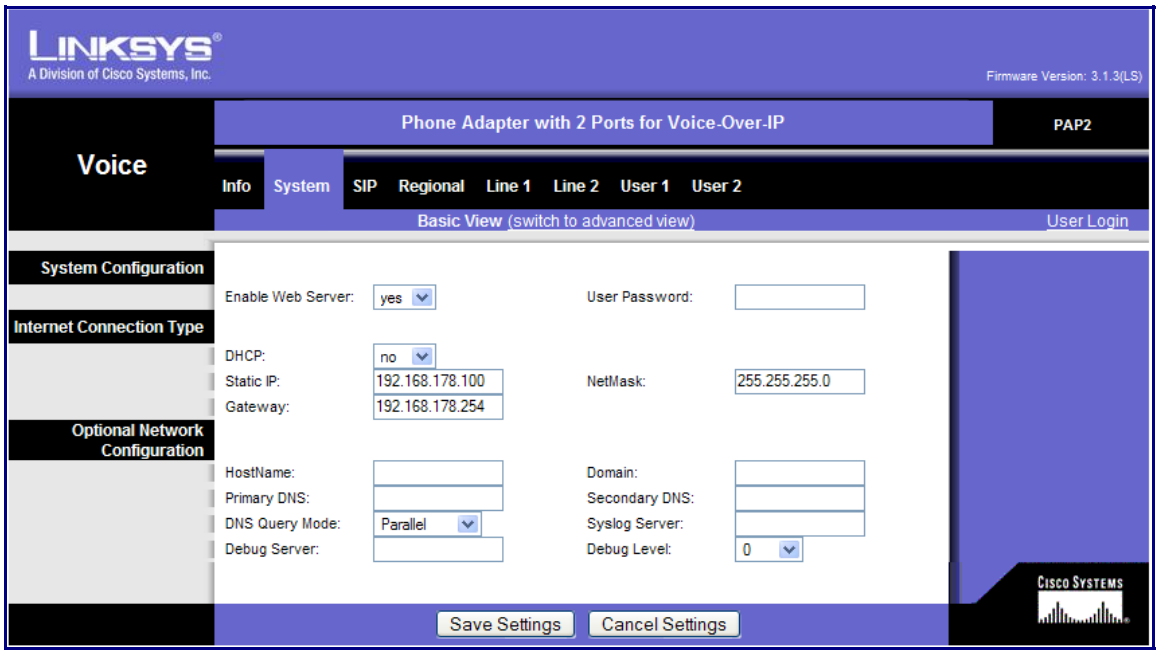


Figura 4: Configuración de la dirección IP.

- Configuración de los parámetros SIP: Entre al menú "Line 1"
  - Habilite la línea 1, correspondiente al puerto físico del PAP "Phone 1".
  - Dirección IP del servidor Proxy o servidor SIP que no es más que el servidor con Asterisk (192.168.178.21)
  - Número del Terminal que corresponde al número de teléfono asignado por el administrador.
  - El puerto SIP: 5060
  - Puerto de registro: 3600
  - User ID: El número telefónico asignado (200)
  - Password de autenticación con el servidor asterisk (debe ser el mismo que se declara en el archivo *sip.conf* en el asterisk).

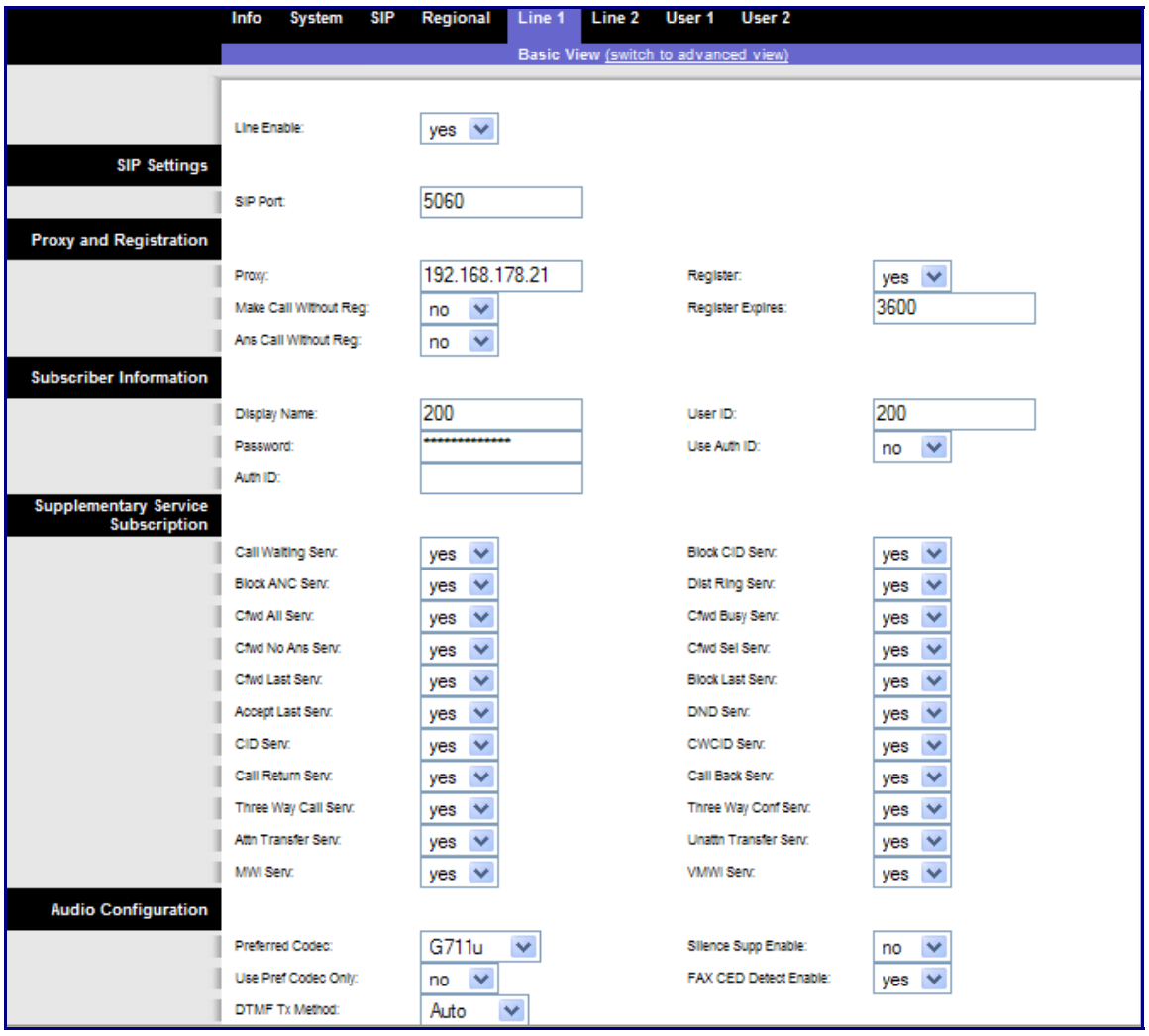


Figura 5: Configuración de la línea 1.

Nota: usted podrá configurar de la misma manera la línea 2, y tener 2 terminales telefónicos DTMF (Dual Tone Multi Frequency) al mismo adaptador. En el desarrollo práctico se configurará la segunda línea junto al instructor.

- Ajustaremos los planes de numeración y recortaremos los tiempos de marcación en la práctica, los planes de numeración serán recortados para evitar el tiempo de retraso de la marcación entre números y en entrega del plan de numeración al Asterisk.

- Se recomienda seguir al instructor, ubíquese en menú con modalidad avanzada (switch to advanced view) y luego en el menú “Regional” localice el control de tiempos “Control Timer Values” los tiempos entre marcación de dígitos “Interdigit Short Timer” por defecto son 3 segundos, bajemos a 1 segundo.
- Otro parámetro a tomar en cuenta son los planes de numeración, en nuestro caso el plan de numeración es de 3 dígitos mínimos 2XX y 2XX. Ajuste los planes de numeración en el menú “Line 1” y manténgase en modalidad avanzada, localice el “dial plan”.

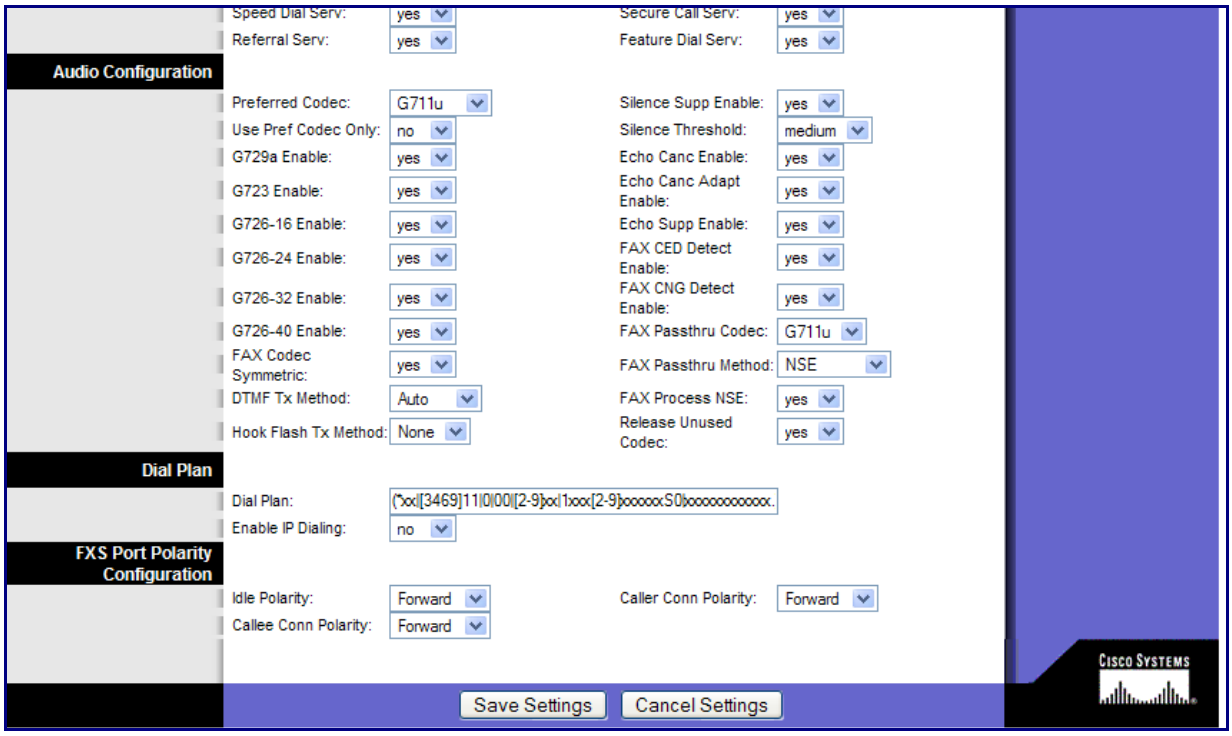


Figura 6: Plan de numeración, discado de 3 dígitos 2XX.

- Ajustes de Codec

Codec	Data bitrate (kbps)	Licence required?
G.711	64 kbps	No
G.726	16, 24, or 32 kbps	No
G.723.1	5.3 or 6.3 kbps	Yes (no for passthrough)
G.729A	8 kbps	Yes (no for passthrough)
GSM	13 kbps	No
iLBC	13.3 kbps (30-ms frames) or 15.2 kbps (20-ms frames)	No
Speex	Variable (between 2.15 and 22.4 kbps)	No

Figura 7: Codec soportados por Asterisk.

El codec puede ser ajustado según las necesidades, G729 y G723.1 no son codec públicos, es decir deberá el usuario adquirir la licencia. Esto no es limitativo para nuestros objetivos pero en redes con retardo donde requiera de un mejor codificador decodificador es muy útil contar con G729.

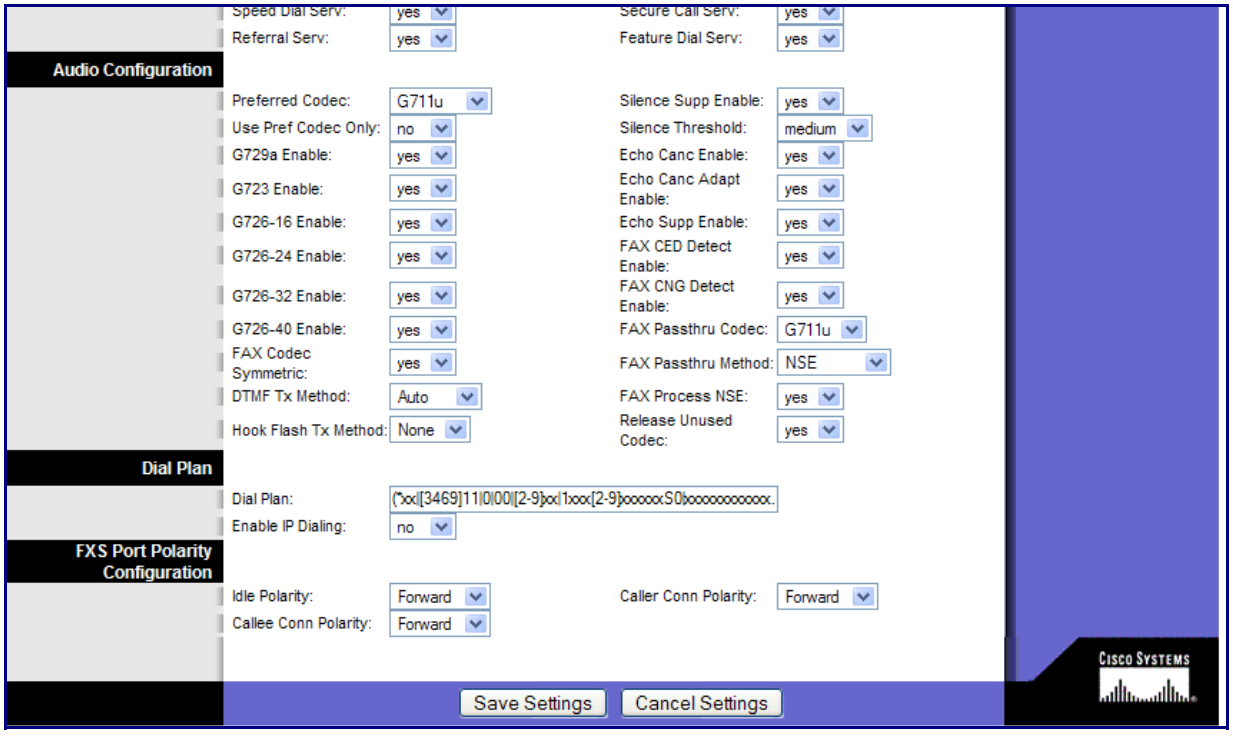


Figura 8: Ajustes de CODEC.

3.3 Configuración de SIP Phone:

Existen una variedad de teléfonos basados en software, unos emplean SIP y otros un protocolo que comienza a cobrar fuerzas en el mercado, el protocolo IAX (Inter Asterisk Exchange) que sólo opera con Asterisk PBX. IAX tiene muchas bondades porque está desarrollado para este tipo de aplicaciones a diferencia de SIP que está siendo implementado por fabricantes de Gateways como protocolo alternativo a H323. IAX está bien desarrollado por la comunidad de software libre, cualquiera que sea el protocolo SIP o IAX entre otros operan bajo Linux y Windows como se verá. Algunas de estas aplicaciones son gratuitas y otras son bajo licencia.

Entre las innumerables aplicaciones existe una que opera muy bien con Asterisk, es sencilla de instalar y fácil de usar, es la aplicación X-Lite, la pueden conseguir en: http://www.xten.com/index.php.

Sip SoftPhones:

X-Lite: http://www.xten.com/index.php

IAX SoftPhones:

idefisk: http://www.asteriskguru.com/tools/idefisk_mac.php

Kiax: http://kiax.sourceforge.net

Parámetros a configurar en X-Lite:

Terminal: 1000 (extension intructor)

Password: “abc123”

SIP Proxy: 192.168.178.21 (Asterisk PBX Server).

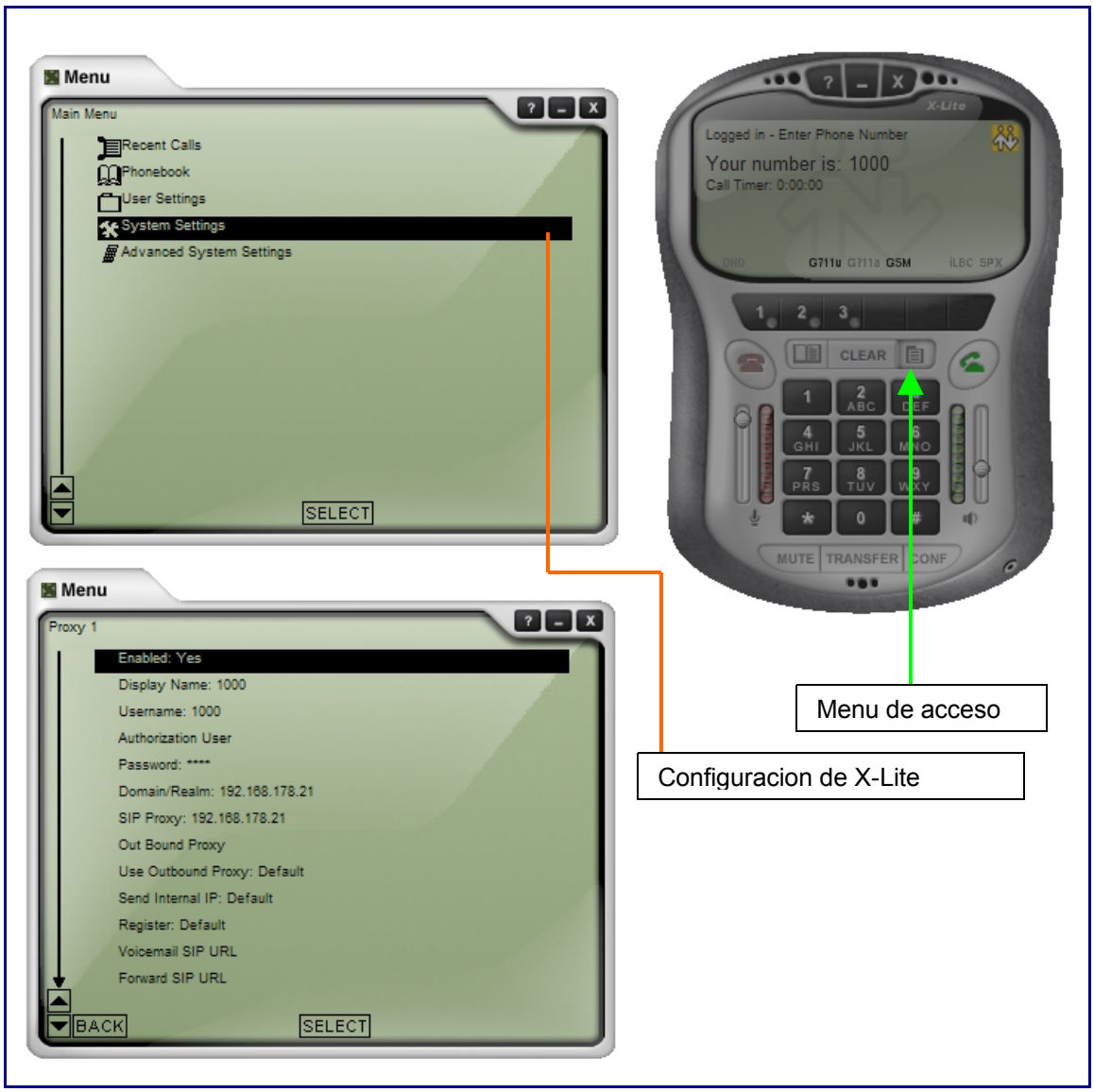


Figura 9: Configuración de X-Lite.

3.4 Configuración básica del Asterisk

3.4.1 Configuración de las extensiones

Archivo: sip.conf

Ruta: #cd /etc/asterisk

```
;CONFIGURACION TRICALCAR2007

[1000]
type=friend
callerid="javier" <1000>
host=dynamic
nat=yes                 ; X-Lite esta detras del  NAT
canreinvite=no          ; Typically set to NO if behind NAT
disallow=all
allow=gsm               ; GSM consume menos  ancho de banda que ulaw
allow=ulaw
allow=alaw
;allow=g729
username=1000
secret=abc123


[1001]
callerid="1004" <1001>
canreinvite=no
```

context=default

dtmfmode=rfc2833

host=dynamic

nat=yes

port=5060

secret=abc123

qualify=yes

type=friend

disable=all

;allow=g729

allow=ulaw

allow=alaw

[200]

type=friend

callerid="linksys PAP2" <200>

host=dynamic

nat=yes

canreinvite=no

disallow=all

allow=gsm

allow=ulaw

allow=alaw

username=200

secret=abc123

[201]

type=friend

callerid="linksys201" <201>

host=dynamic

nat=yes

canreinvite=no

disallow=all

allow=gsm

allow=ulaw

allow=alaw

;allow=g729

username=201

secret=abc123

[202]

type=friend

callerid="202" <202>

host=dynamic

nat=yes

canreinvite=no

disallow=all

allow=gsm

allow=ulaw

allow=alaw

;allow=g729

username=202

secret=abc123

[203]

type=friend

callerid="203" <203>

host=dynamic

nat=no

canreinvite=no

disallow=all

allow=gsm

allow=ulaw

allow=alaw

username=203

secret=abc123

archivo: iax.conf

Ruta: #cd /etc/asterisk

; Inter-Asterisk eXchange driver definition

[general]

disallow=lpc10

allow=gsm

jitterbuffer=no

tos=lowdelay

;

[guest]

type=user

context=default

```
callerid="Guest IAX User"
;
[iaxtel]
type=user
context=default
auth=rsa
inkeys=iaxtel
;
[iaxfwd]
type=user
context=default
auth=rsa
inkeys=freeworlddialup
;
[2002]
type = friend
username = 2002
secret = 2002
host = dynamic
context = default
```

3.4.2 Configuración del plan de numeración

archivo: extension.conf

Ruta: #cd /etc/asterisk

```
;CONFIGURACION TRICALCAR2007

[general]
static=yes
writeprotect=yes

[globals]
OUTBOUNDTRUNK=Zap/1

[default]
exten => 200,1,Dial(SIP/200,20); Linksys 01
exten => 201,1,Dial(SIP/201,20); Linksys 02
exten => 202,1,Dial(SIP/202,20); Linksys 03
exten => 203,1,Dial(SIP/203,20); Linksys 04

exten => 1000,1,Dial(SIP/1000,20); Javier X-Lite
exten => 2002,1,Dial(IAX2/2002,20); IAX SoftPhone

exten => _9XXXXXXX,1,Dial(${OUTBOUNDTRUNK}/${EXTEN:1})
exten => _9XXXXXXX,2,Congestion()
exten => _9XXXXXXX,3,Congestion()
exten => s,4,Hangup()
```

```
exten => _9XXXXXXXXXX,1,Dial(${OUTBOUNDTRUNK}/${EXTEN:1})
exten => _9XXXXXXXXXX,2,Congestion()
exten => _9XXXXXXXXXX,3,Congestion()
exten => s,4,Hangup()

[incoming]
;exten => s,1,Answer()
;exten => s,2,Dial(SIP/200,,3)
;exten => s,3,Hangup()
```

3.4.3 Configuración del hardware para Asterisk (interfaz Zaptel FXO)

Archivo: zapata.conf

```
**********************************************************
[trunkgroups]

[channels]
usecallerid=yes
hidecallerid=no
callwaiting=no
threewaycalling=yes
transfer=yes
echocancel=yes
```

echotraining=yes

context=incoming

signalling=fxs_ls

channel => 1

****

/etc/zaptel.conf

****

fxsls=1

loadzone=us

defaultzone=us

****

4. Referencias

http://www.asterisk.org
http://www.voip-info.org
http://www.digium.com
http://www.asteriskdocs.org
http://asteriskathome.sourceforge.net

5. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad:

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.



VoIP
Para el desarrollo

Autores: Alberto Escudero-Pascual, Louise Berthilson
(cc) Creative Commons
Attribute Non-Commercial Share-Alike 2.5

Basado en:La guía para crear una infrastructura de voz en regiones en desarrollo

Objetivo



- Entender los conceptos básicos relacionados con VoIP
- Introducir Asterisk y las ventajas del software en la implementación de redes VoIP
- Presentar los grandes retos en regiones en desarrollo
- Presentar un caso práctico donde se va a introducir servicios VoIP

Motivación



- Viviendo en Tanzania en el año 2004
- Dos grandes retos:
  - El conocimiento técnico no esta disponible en lenguas locales
  - La inexistencia de infraestructura IP de bajo costo (voz y datos)
- Las soluciones propietarias no eran lo suficientemente flexibles

La guía de VoIP para el desarrollo



- 40 páginas de introducción a VoIP
- Enfoque “hacer las cosas uno mismo”
- Enfoque pedagógico vs un listado de comandos
- La guía quiere servir tanto para el público técnico como el no tan técnico
- Orientada a regiones en desarrollo y sus problemas particulares

La guía de VoIP para el desarrollo (2)



- El documento esta disponible en cuatro idiomas (en, es, fr, ar)
- Licenciado bajo *Creative Commons Non-Commercial Share-Alike*
- Ahora se incluye en la segunda edición en castellano del libro WNDW (TRICALCAR/ICA)
- El canal de distribución elegido es Internet
- Financiado por el IDRC (Iniciativa Acacia)

Tabla de contenidos



PARTE 1

- Introducción a VoIP
- Los pilares básicos VoIP
- Los equipos, el hardware

PARTE 2

- Como puedo crear mi PBX (mucho más en la guía y en la parte práctica)

PARTE 3

- Un caso real

Evidencia de la explosión de VoIP



- Apertura dentro del marco regulatorio permite la aparición de nuevos operadores:
  - MCI (www.mci.com)
  - Qwest (www.qwest.com)
  - Level3 (www.level3.net)
  - Vonage (www.vonage.com)
    - >42 millones de líneas en servicio, Mar 2006
  - Skype (www.skype.com)
  - 200 millones de descargas, Nov 2005
    - >5 millones de usuarios simultáneos, Ene 2006

La convergencia



- Los proveedores tradicionales compran empresas de “datos”. Se crean divisiones IP.
  - Proveedores de servicios de telecom. tradicionales
    - Siemens, Alcatel, Ericsson
  - Proveedores de equipos IP
    - Cisco , 3Com, Nortel Networks
- Aparecen los servicios VoIP
  - http://www.pulver.com/products/sip/

La receta mágica



1. **VoIP**
   - Transporte de conversaciones en paquetes IP
2. **Estándares abiertos**
   - Permite que cualquiera implemente sistemas compatibles/interoperabilidad
3. **Código libre y abierto**
   - Aprender de las experiencias existentes y compartir los resultados con otros.

Nuestra receta mágica



- Tenemos acceso tanto al **software** como el **hardware** que nos permite intercambiar llamadas
- Tenemos acceso a una red **abierta** y **publica** (Internet)
- Somos capaces de **adaptar** y **modificar** la tecnología para satisfacer nuestras necesidades

Una pregunta típica



¿Por qué no usamos Skype, o Google Talk?

La respuesta corta



Flexibilidad

Apropiamiento

Oportunidad

Sostenibilidad

La receta al detalle (Contenidos)



- PBX (la base)
- PSTN (la salida a la red telefónica RTB)
  - Comparación entre la señalización en IP y en RTB
- Equipos VoIP (los terminales)
- Calidad de servicio
  - Codecs, Latencia y Jitter

¿Qué es una PBX?



- **P**rivate (Automatic) **B**ranch E**x**change.

Definición para humanos

- Permite compartir una o mas líneas telefónicas con multiples usuarios
- Encamina llamadas entrantes y salientes
- El dueño (personal) del sistema toma las decisiones de encaminamiento y decide cómo compartir líneas con los usuarios

Ventajas de la PBX



- Servicios de valor añadido
  - Transferencia de llamadas
  - Llamadas a tres
  - Buzones de voz
  - Servicios “Interactive Voice Response” (IVR)

¿Qué es Asterisk?



- Una implementación libre de una **central(ita) telefónica**
- Permite que sus “teléfonos” asociados puedan hacer llamadas entre ellos y conectarse a cualquier otra **subred telefónica**

¿Qué es Asterisk?



- Creado por **Mark Spencer** (Digium)
  - Basado en el trabajo de Jim Dixon (Zapata Telephony Project)
- Funciona mejor bajo **GNU/Linux**

PSTN/RTB



- **P**ublic **S**witched **T**elephone **N**etwork/**R**ed de **T**elefonía **B**ásica
  - La red global de circuitos conmutados de telefonía
  - La agregación de todas las subredes públicas de telefonía en el mundo
  - La red que se quedará obsoleta :-)

RTB vs Internet



- Flujo de información
  - Canal vs. datagramas individuales
- Procesamiento de datos
  - Dentro de la red vs los bordes
- Organismos de estandarización
  - ITU vs IETF
- Mecanismos de enrutamiento
  - Números telefónicos vs direcciones IP

Señalización en telefonía



- Las “señales” y los “datos” están separados en canales independientes
- La señal
  - responsable del establecimiento y estado de la “llamada”
  - se usan en coordinación con sistemas de facturación

Señalización en RTB



- Las PBX son los “routers” de la RTB
- Dos componentes dependiendo de su rol
  - FXO = Foreign Exchange Office
  - FXS = Foreign Exchange Station

Foreign Exchange Office (FXO)



- Cualquier dispositivo que actúa como un “teléfono”
- Acepta señales
  - on-hook/off-hook colgado/descolgado
  - ocupado
- Inicia y recibe llamadas telefónicas

Foreign Exchange Station (FXS)



- Genera tono de marcado y de llamada (ring).
- En líneas analógicas genera:
  - pulsos de llamada
  - alimenta los terminales telefónicos

Para no olvidarse...



- Un FXS se conecta a un FXO y viceversa
  - De la misma forma que una línea telefónica (FXS) se conecta a un teléfono (FXS)
- Un FXS es un elemento activo que alimenta un elemento pasivo (FXO)

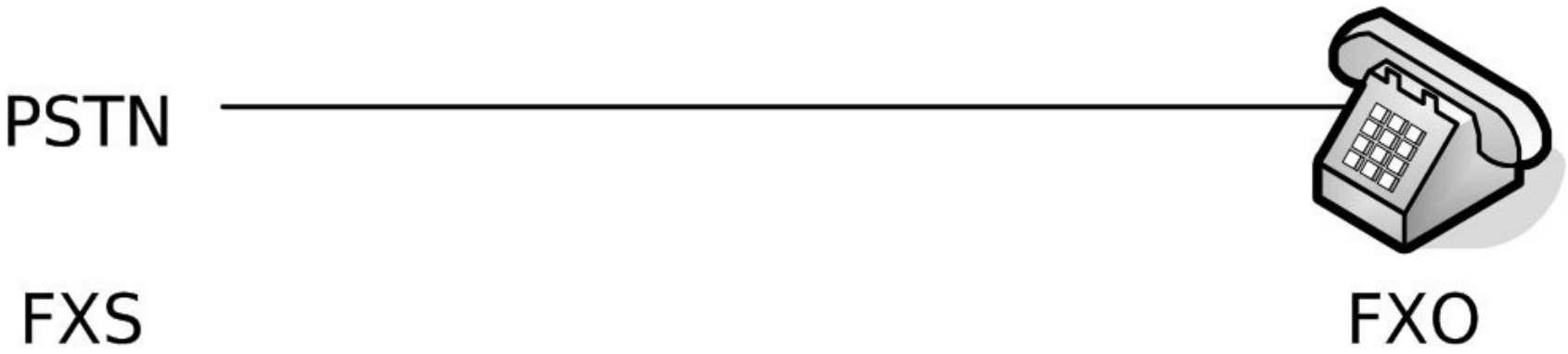
FXO, FXS en una PBX



- Las PBXs que tienen un FXO y FXS pueden conectarse a la RTB y alojar terminales
- Las líneas telefónicas que vienen del operador se tienen que conectar al interfaz FXO de la PBX
- Los teléfonos de tu oficina se tienen que conectar a los interfaces FXS de la PBX

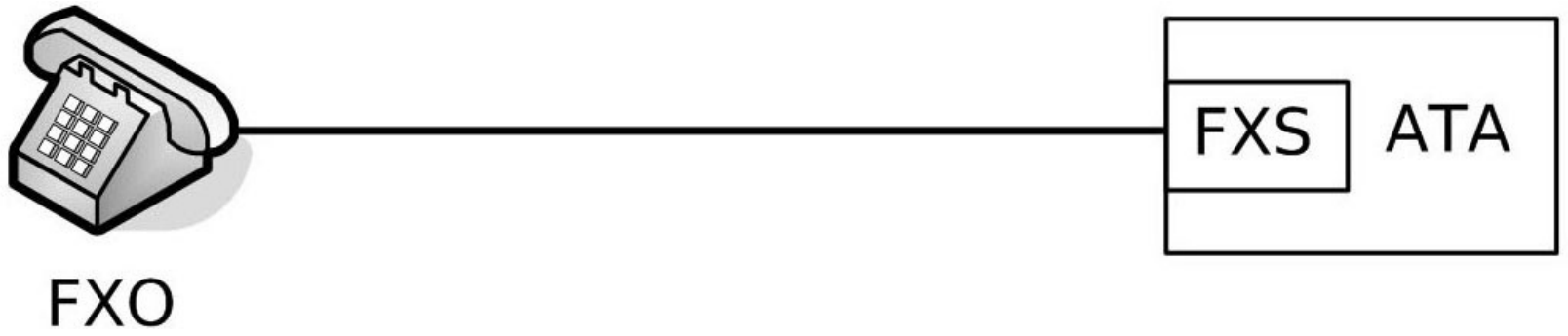
FXO y FXS

Un teléfono **analógico** es un dispositivo FXO conectado a una línea telefónica (RTB) actuando como FXS



FXO y FXS

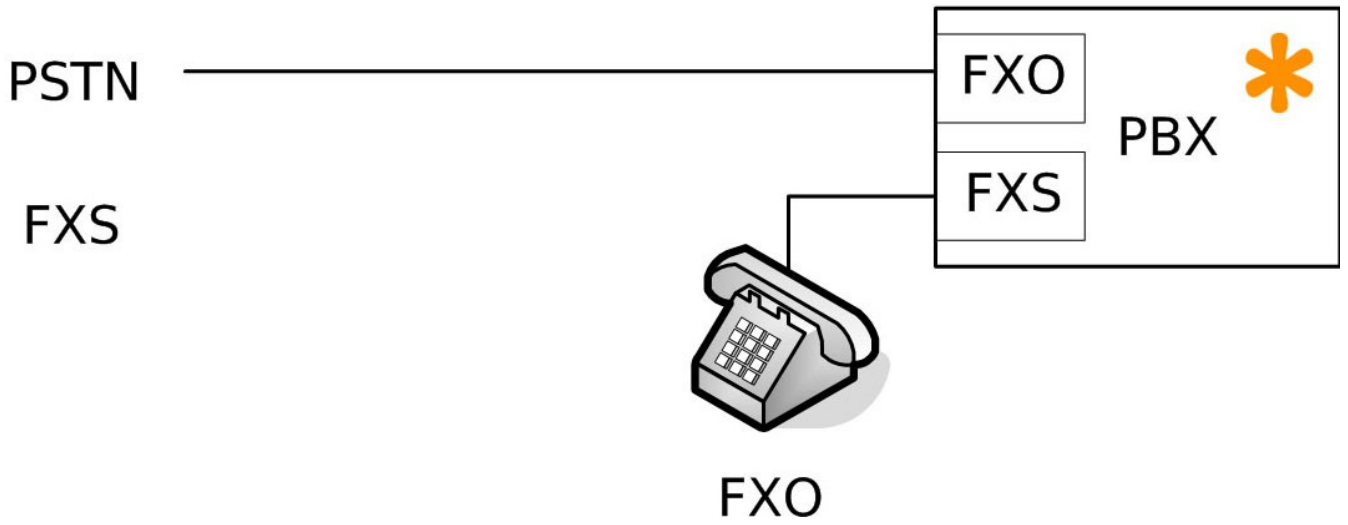
Un adaptador telefónico o **ATA** actúa como un FXS.



FXO y FXS

Una **PBX** puede incorporar tanto interfaces

FXS como F



Señalización analógica



Las señales que se transmiten entre el FXS y el FXO son:

- Tono de marcado y ocupado
- Tono de llamada (Ring tone)
- Colgado y descolgado

Señalización analógica (2)



- Los métodos de señalización varían de un lugar a otro
- Dos de los métodos mas comunes son “loop start” y “ground start”
- Dentro de la RTB se usa tradicionalmente SS7 (AT&T, ITU)

Señalización analógica (3)



- En la RTB, voz y datos están separados
  - Un “circuito” es para voz (la conversación)
  - Un segundo “circuito” es para las señales de administración y supervisión (SS7)
- Estos circuitos de información **no** tienen que usar el **mismo canal físico**

Señalización en telefonía IP



- Las conversaciones y las señales están separadas (como en RTB)
- Cada uno de los mecanismos de señalización representa un “culto” de seguidores

Señalización en telefonía IP



- Docenas de protocolos y sus cultos:
  - **H.323** *(Telco)*
  - **SIP** *(Internet)* Session Initiation Protocol
  - **IAX2** *(Comunidad)* Inter-Asterisk eXchange

SIP



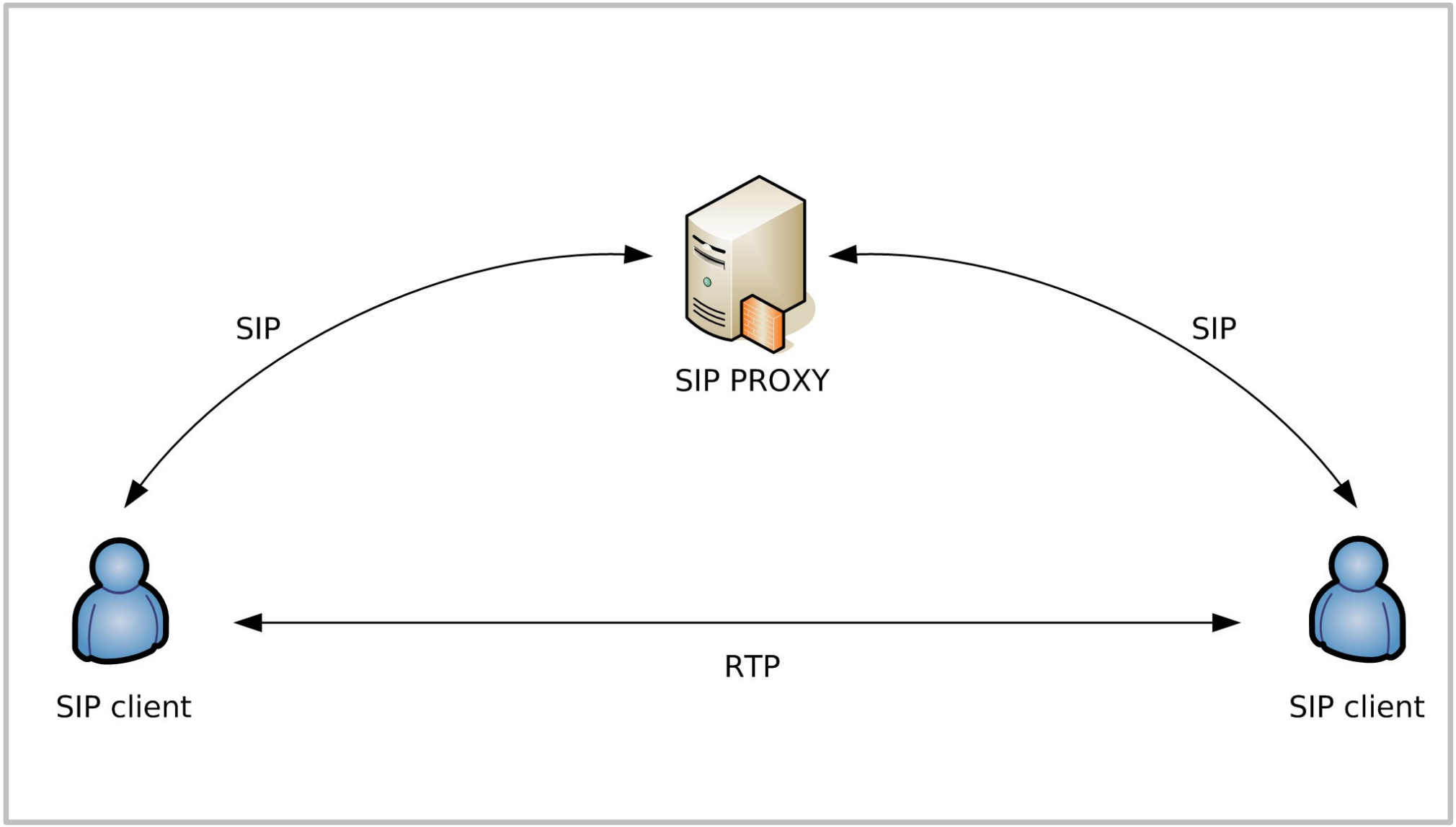
- Un protocolo desarrollado por el IETF
- Responsable de:
  - El establecimiento de llamadas y otras tareas de señalización
  - Autenticación
  - Negociación de la calidad
  - Negociación de los puertos y direcciones involucrados en los flujos de voz

SIP y movilidad



- SIP Proxy servers
  - facilita el establecimiento de las llamadas
  - opera como un intermediario que conoce donde esta ubicado un número (desde donde se registro)
- La telefonía sobre IP permite mover físicamente los números telefónicos

SIP proxy servers



Llamadas telefónicas y los NATs



- Las llamadas (voz) se transmiten usando un protocolo llamado **RTP** (Real-time Transport Protocol
- En una red con un Network Address Translators (NATs) un conjunto de máquinas comparten una dirección IP hacia el exterior
- Los NATs son los grandes enemigos del RTP

RTP y NAT



- Pros
  - Los NATs son fáciles de implementar
  - Conectan máquinas sin necesidad de solicitar más recursos de red
  - Gran aceptación y productos

RTP y NAT(2)



- Cons
  - Limitaciones en el rutado real del tráfico
  - Es difícil crear servicios dentro de un NAT
  - Crean problemas de “audio” en redes con VoIP (e.g.: se escucha solo al que esta dentro del NAT e inicia la llamada)

Por desgracia las direcciones IP públicas son un recurso escaso en regiones en desarrollo

IAX2



- Creado como parte del desarrollo de la PBX Asterisk
- Usa un flujo bidireccional para enviar la voz (SIP usa dos flujos independientes)
- Funciona mucho mejor (siempre) en presencia de NATs
- Permite agregar conversaciones que tienen lugar al mismo tiempo para ahorrar ancho de banda. Trunking

¿Por qué IAX2 es mejor que SIP?



1) Minimiza el uso de ancho de banda por cada llamada

2) Incorpora soporte nativo de NATs y es más fácil de integrar con los cortafuegos

3) Minimiza aun más el uso de ancho de banda cuando se hacen muchas llamadas simultaneas

Equipos VoIP



- La base
  - PBX
- Los terminales
  - Teléfonos VoIP
  - Soft phones
  - Analogue Telephone Adaptors (ATA)
- La conexión a la RTB
  - PSTN interface cards

PBX



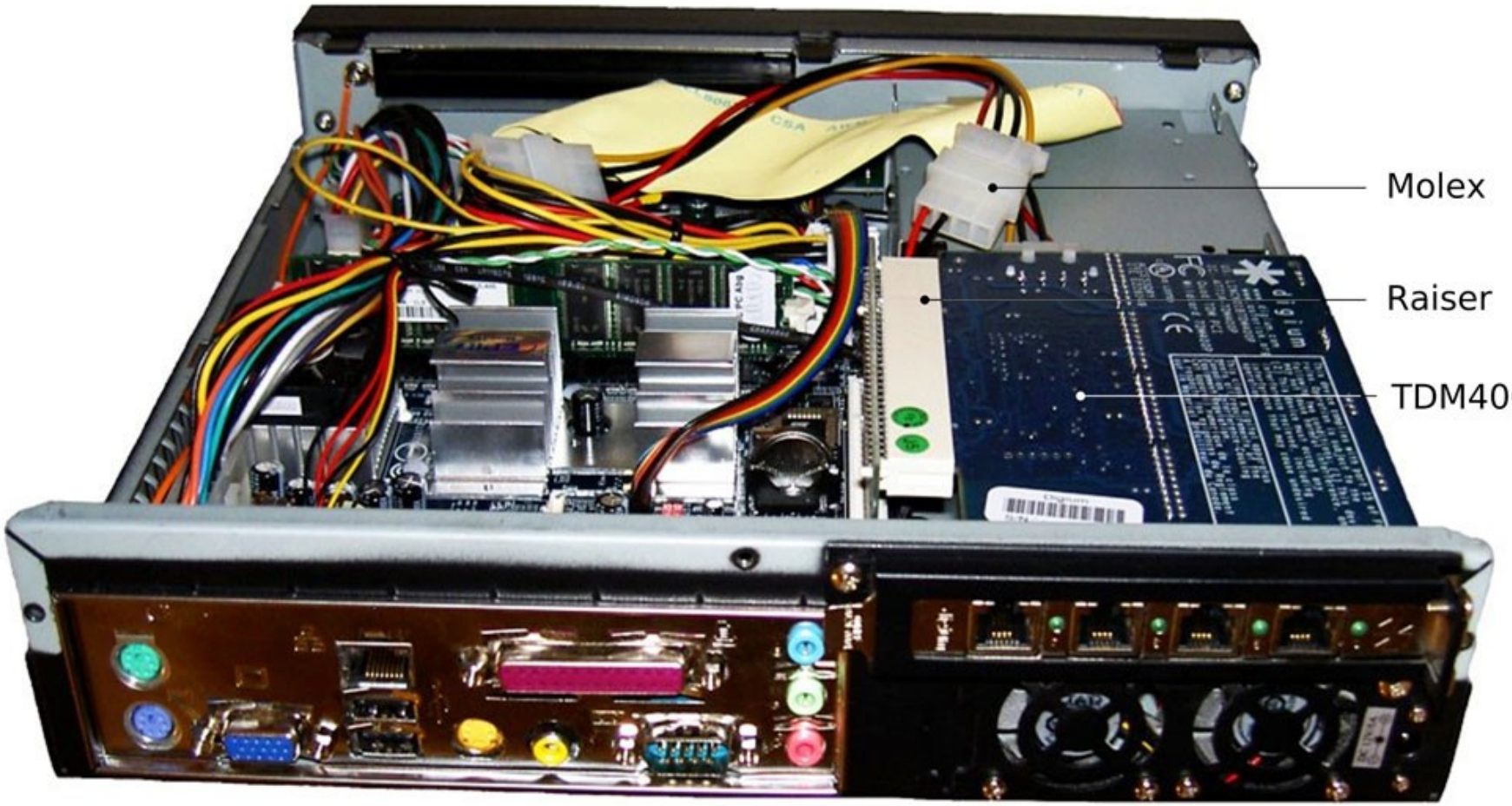
Componentes:

- Motherboard: VIA Mini-ITX Epia M10000
- Chassi: Morex Mini-ITX Chassi Cubid 2688
- Harddrive: 40 GB IDE UDMA133
- Memory: 512 MB DDR PC3200 400MHz

Precio hoy: 1000 USD

Se espera: 100-150 USD (IP04, 2008)

PBX



Teléfono VoIP



- Equipo dedicado para VoIP
- Cuando compres un teléfono VoIP no te olvides de:

    1) Soporte para codecs de alta compresión
    2) Un buen interfaz administrador
    3) Una buena salida de audio

Precio hoy: 100-120 USD

Se espera: < 50 USD (2008)

Teléfono VoIP



Thompson Speedtouch2030

Cuatro líneas IP

Interfaz Web

Manos libres

Precio hoy: 125 USD

Teléfonos VoIP (WiFi)



Zyxel Prestige 2000W

WiFi VoIP

Uno de los primeros modelos

Precio: 300 USD (2005)

Softphones



- Software instalado en un PC
- Requerimientos
  - Una tarjeta de audio
  - Un firewall que no bloquee VoIP
- Precio: 0 USD

Softphones

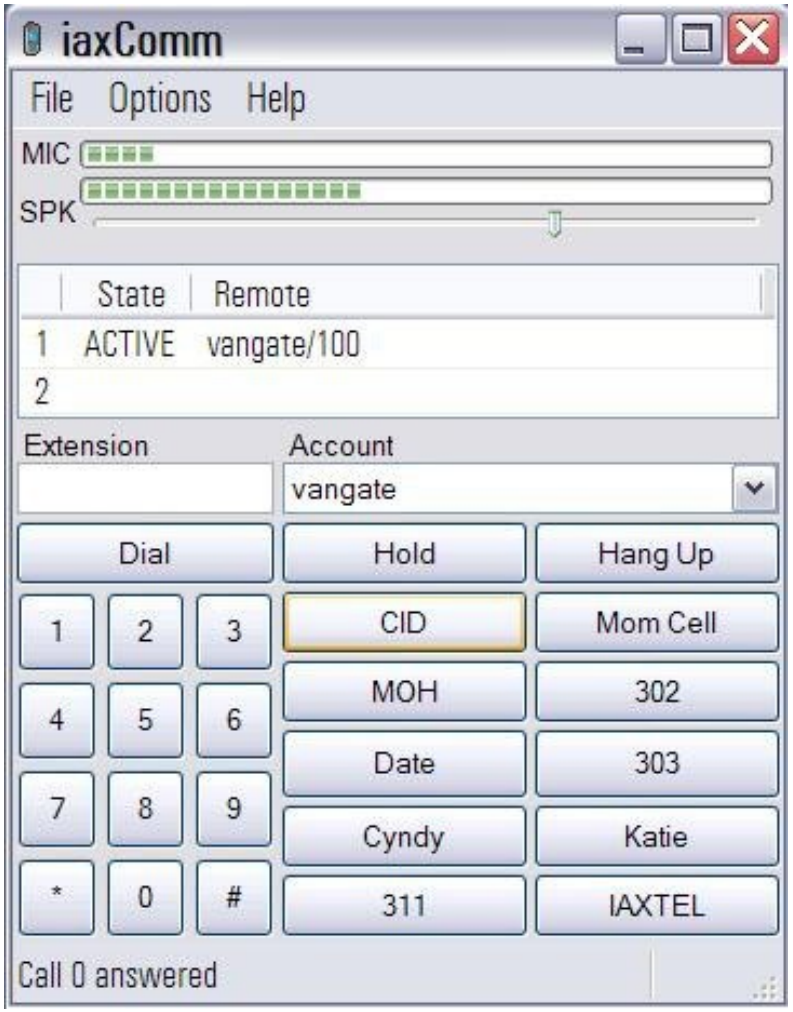


X-lite

0 USD

Download: http://www.xten.com

Softphones



iaxComm, kiax

Soporte IAX

0 USD

Download:

http://iaxclient.sourceforge.net

Analogue Telephone Adaptor (ATA)



- Conecta un teléfono analógico a una red VoIP
- Tiene un puerto RJ-11 (phone jack) y un RJ-45 (Ethernet jack)
- Un ATA es un adaptador FXS
  - Por un lado “habla” analógico con el teléfono
  - Por otro lado habla digital con la red IP

ATA



- Digium IAXy
- Uno de los primeros (el primero) con soporte IAX2
- Bajo consumo
- Precio: 95 USD (2005)

ATA



Gateway IP- IAX IAD100 con un 1 FXS

Integra un ATA con soporte para IAX2 y un NAT

Precio: 110 USD

ATA



Sipura SPA-3000

Una mini-PBX

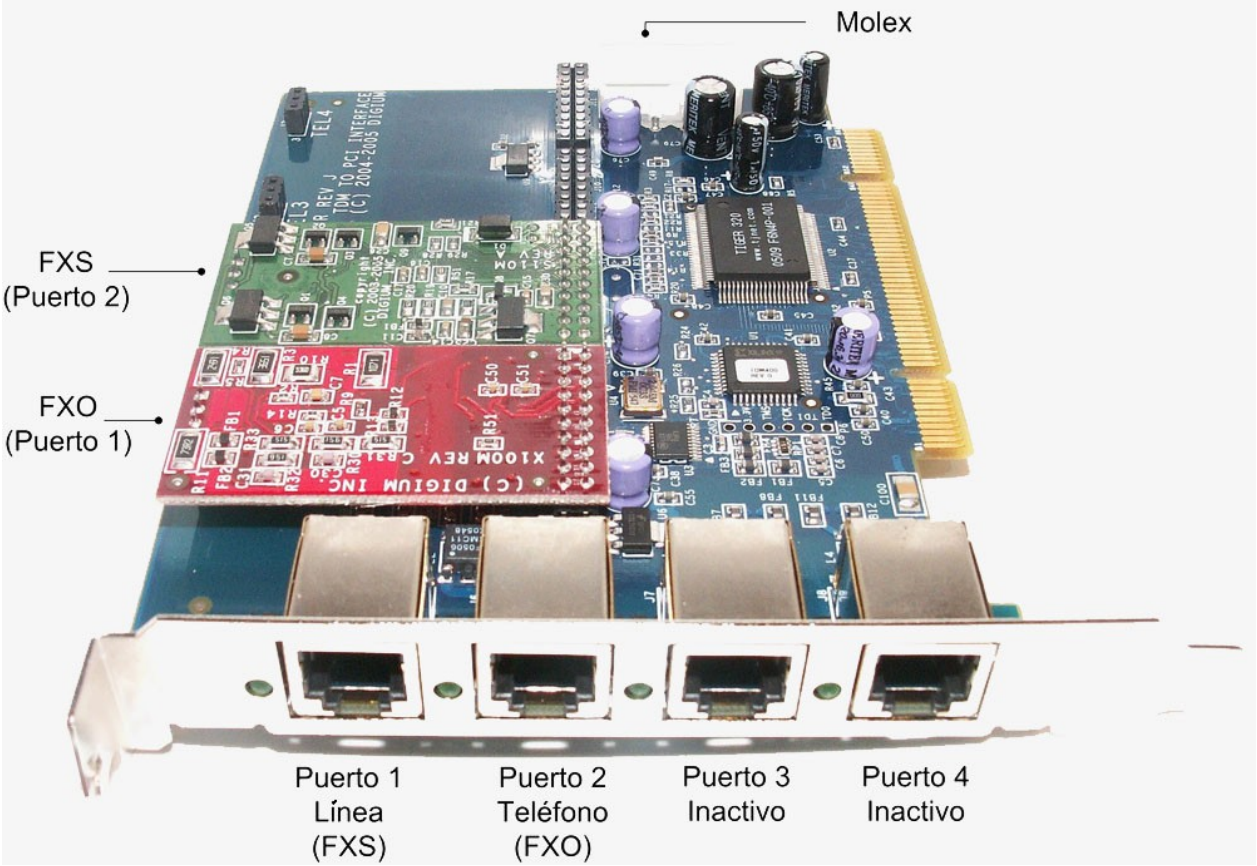
Precio: 170 USD

Tarjetas de conexión a la RTB



- Necesaria para conectar nuestra red VoIP a la red telefónica RTB
- Puede incorporar modulos FXO y FXS
- Estas tarjetas tradicionalmente incorporaban circuiteria de procesamiento de señal (DSP)
- Ahora se mueve la inteligencia a la CPU (ala. winmodem)

Interfaz con la RTB



TDM400P

wildcard, 1FXO +1 FXS (Digium)

Precio: 190 USD

Otros aspectos
Calidad de servicio



- La capacidad de una red de ofrecer mejor servicio a cierto tipo de tráfico
  - Optimizar el ancho de banda disponible (**codec**)
  - Controlar el **jitter**
  - Minimizar la **latencia**

Codecs



- Algorítmo compresor/decompresor
- Se utiliza para convertir la voz en datos (digital) y viceversa
- A mayor compresión – mayor distorsión
- Se dice que un codec es mejor que otro si ofrece mejor calidad de audio usando menos ancho de banda

Codecs



- PSTN/RTB normalmente usa PCM (Pulse Code Modulation). Un codec que necesita 64 kbps
- Dos estándares muy comunes de PCM son:
  - Micro-law (G711u), USA/Canada
  - A- law (G711a), Europa
- Debido a que G711 no necesita de grandes requerimientos de procesamiento esta disponible en casi todos los equipos

Codecs



- G.711 es un codec poco apropiado en paises en desarrollo porque necesita demasiado ancho de banda
- Se deben usar otros codecs que usan menos ancho de banda como GSM o Speex
- G.729 es un buen codec pero tiene el inconveniente de necesitar una licencia de uso

Jitter



- Es la variación del tiempo de llegada “entre” paquetes
- Debido a congestión en la red, cambio de enrutamiento del tráfico o perdidas de sincronización
- El jitter buffer puede aliviar este problema al precio de retrasar la reproducción de la conversación

Latencia (retraso)



- El tiempo que tarda un paquete (datagrama) en llegar de origen y destino
- En redes VoIP se debe minimizar la latencia intentando dar más prioridad a este tipo de tráfico

Latencia (retraso)



- La latencia no se puede reducir por debajo de la velocidad de transmission (señal) en enlaces por satélite ~300 ms

- Siempre instala tu PBX en una zona poco congestionada de tu red

Retos al implementar VoIP



- Técnicos: Evitar el impacto negativo de los NAT
- Infraestructura de soporte:
  - Redes inalámbricas con gran latencia y jitter
  - Redes en general que no han sido diseñadas para priorizar servicios de tiempo real

Retos al implementar VoIP



- Energía: No existen fuentes fiables de energía
- Marco regulatorio:
  - Servicio ilegal
  - Necesidad de licencias

Recomendaciones



- Técnicas: Usar IAX2

- Infraestructura de soporte:
  - Redes inalámbricas: Uso de la banda UNI 5.4 Ghz (IEEE 802.11a). Uso de protocolos con TDMA en zonas urbanas (WiMAX)
  - Incorporar QoS

Recomendaciones



- Energía: Equipos de bajo consumo, energía solar
- Marco regulatorio: Lobby, Modelos de negocio

PARTE 2 – Manos a la obra

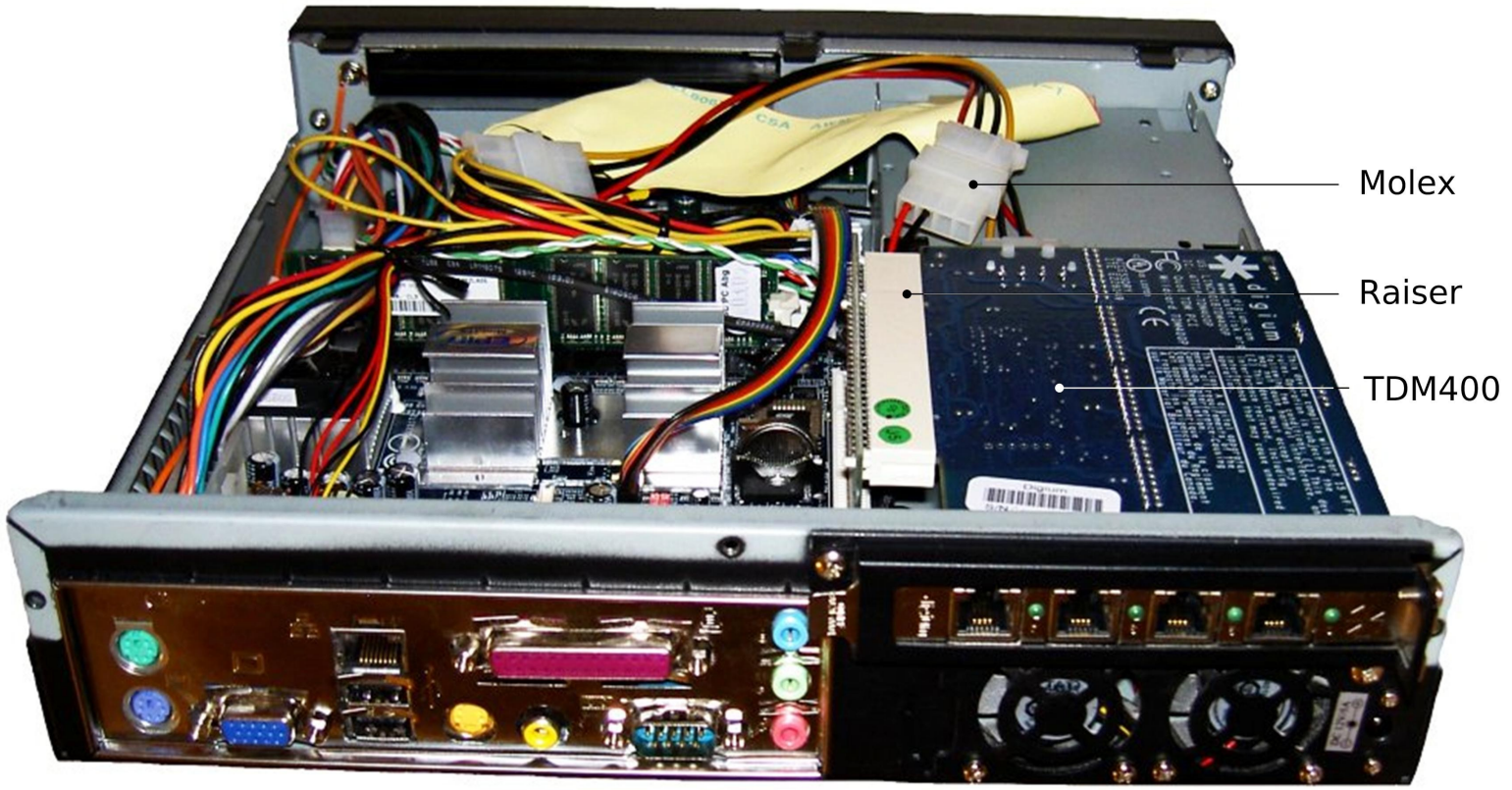


Los componentes



- 1 PC con Asterisk
  - Cualquier distribución de Linux
- 2 Teléfonos VoIP
  - Alternativa: 2 PCs con dos soft phones

Se puede crear una PBX portable



Mini-ITX board with a Digium TDM400P Card

Primeros pasos: Instalando Asterisk



- Descarga el código
- Compilar
- Aprender los comandos básicos

Ficheros de configuración



Paso 1:

Define y configura los canales de comunicación

Paso 2:

Define las “reglas” para las extensiones (Crea un plan de marcado o dialplan)

Los canales de comunicación



- Un canal de comunicación en Asterisk es como un cable de teléfono virtual
- Los canales son los cables virtuales de tu PBX
- En Internet puedes tener más de una conversación sobre el mismo canal físico
  - En este apartado se necesita definir estos canales (tipo SIP, IAX, salida a una RTB etc)

Los canales de comunicación (2)



- Asterisk te permite interconectar dispostivos que usan distintos protocolos

- Se pueden conectar dispositivos con soporte IP (Teléfonos VoIP, ATA, Softphones) con otros dispositivos digitales y analógicos (PSTN, ISDN PRI/BRI)

Los canales de comunicación (2)



- Cada tipo de tecnología (del canal) se configura en un fichero de configuración específico (sip.conf, iax.conf, zapata.conf, etc)

Define las reglas para las extensiones (crea tu plan de marcado)



- Todas las llamadas tanto entrantes como salientes usan los canales que has definido anteriormente

- Las reglas de marcado indican como interactúan los canales

Define las reglas para las extensiones (crea tu plan de marcado)



- Este aspecto “inteligente” de encaminamiento entre llamadas se hace en el fichero de extensiones (extensions.conf)

- El fichero de extensiones se conoce como el plan de marcación o *dial plan*

Asterisk sigue la misma lógica de la operador-a



Para realizar una llamada (a través de dos canales de comunicación)

- Se contacta con el operador (la PBX)
- Se indica la persona que queremos contactar
- El operador realizar la conexión dependiendo del tipo de línea (fichero *extensions.conf*)

PARTE 3 – Caso real

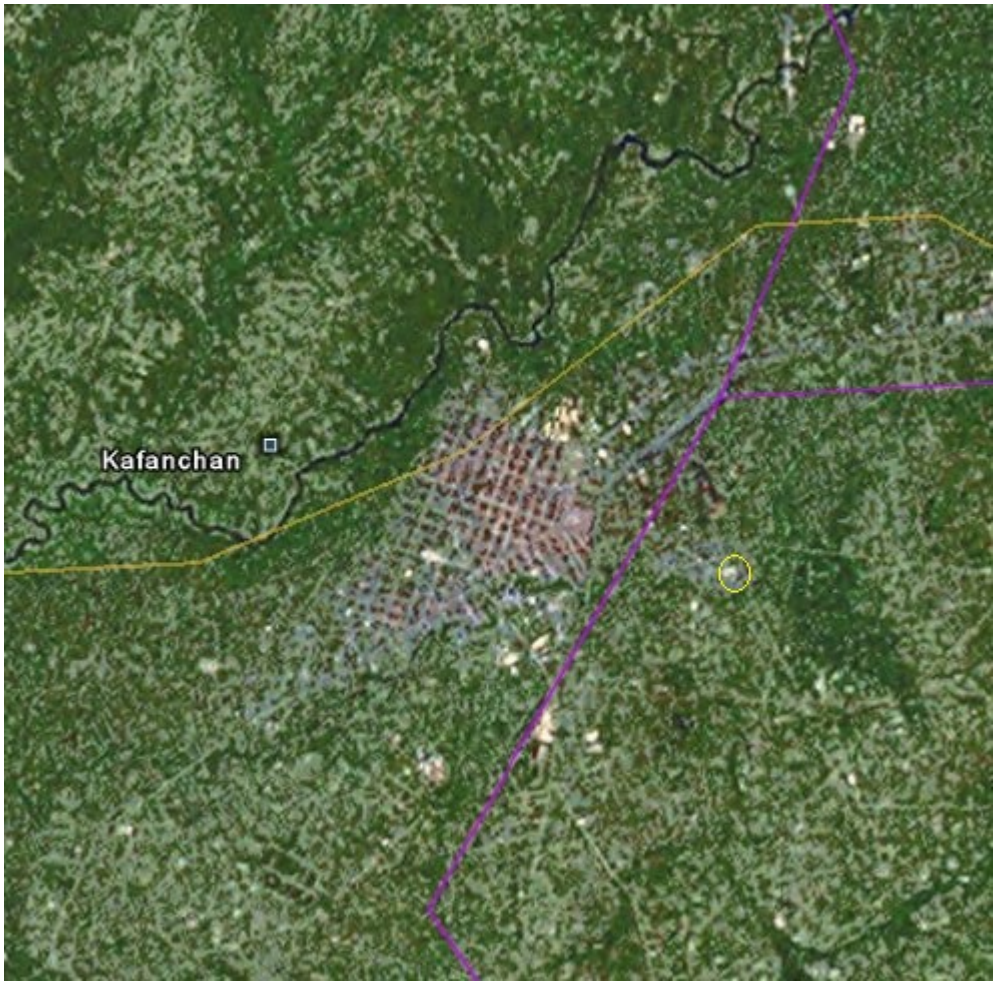


Ejemplo de implementación

Fantsuam Foundation Wireless ISP, Kafanchan, Nigeria

VoIP como modelo de negocio

Kafanchan, Nigeria

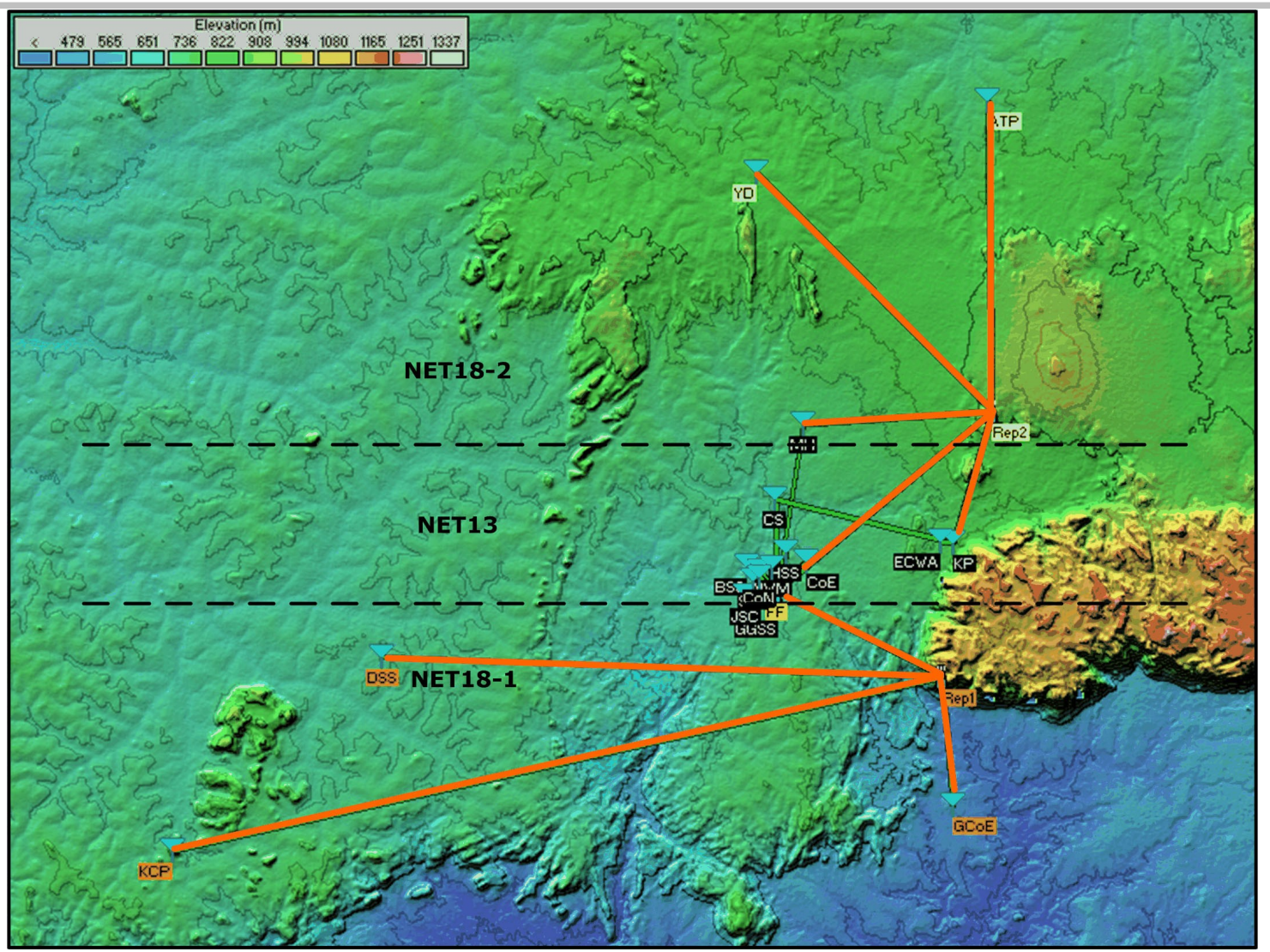


- Colegios
- ONGs
- Sector salud
- Sector religioso
- Sector privado
- Individuales

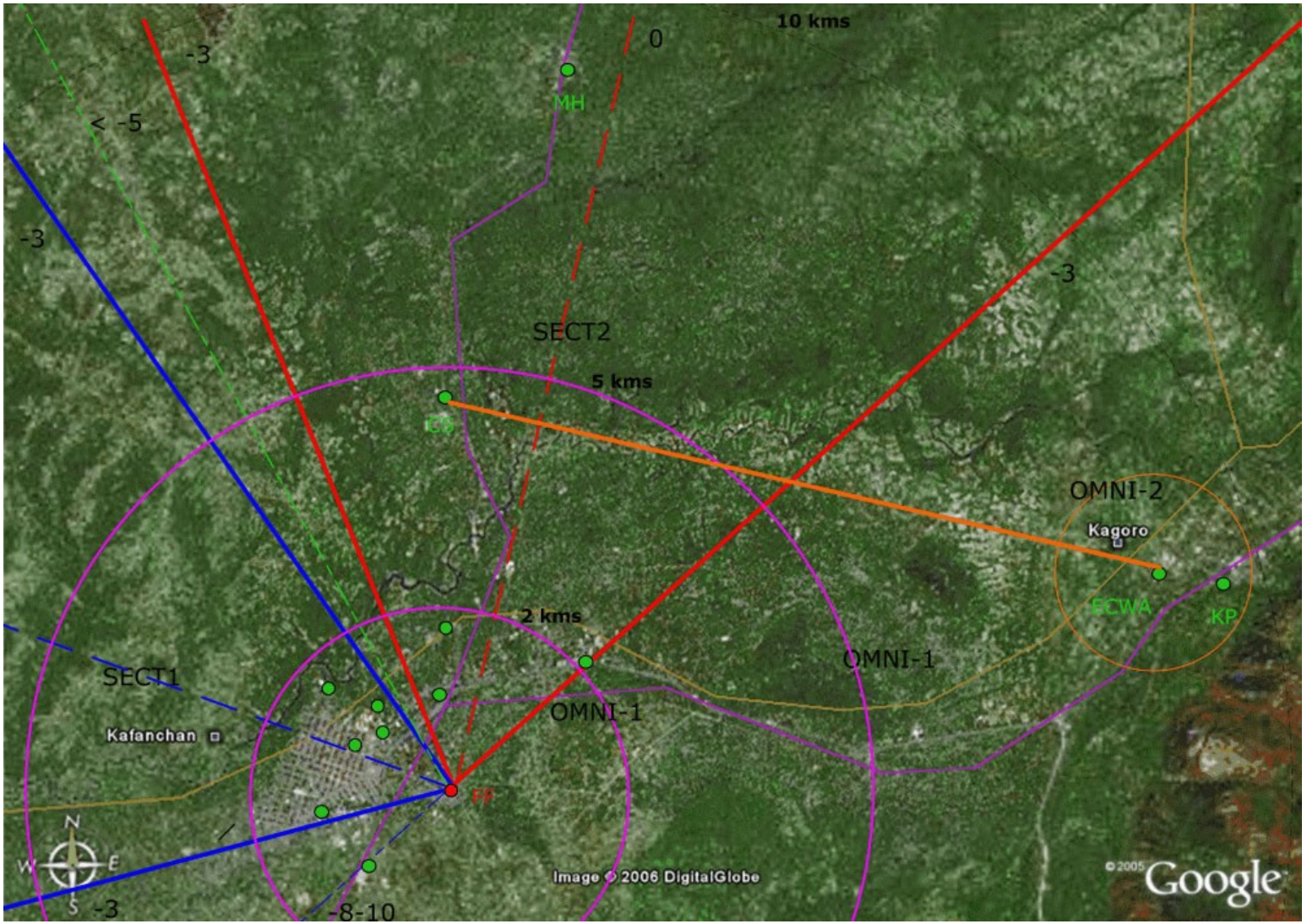
Kafanchan, Nigeria



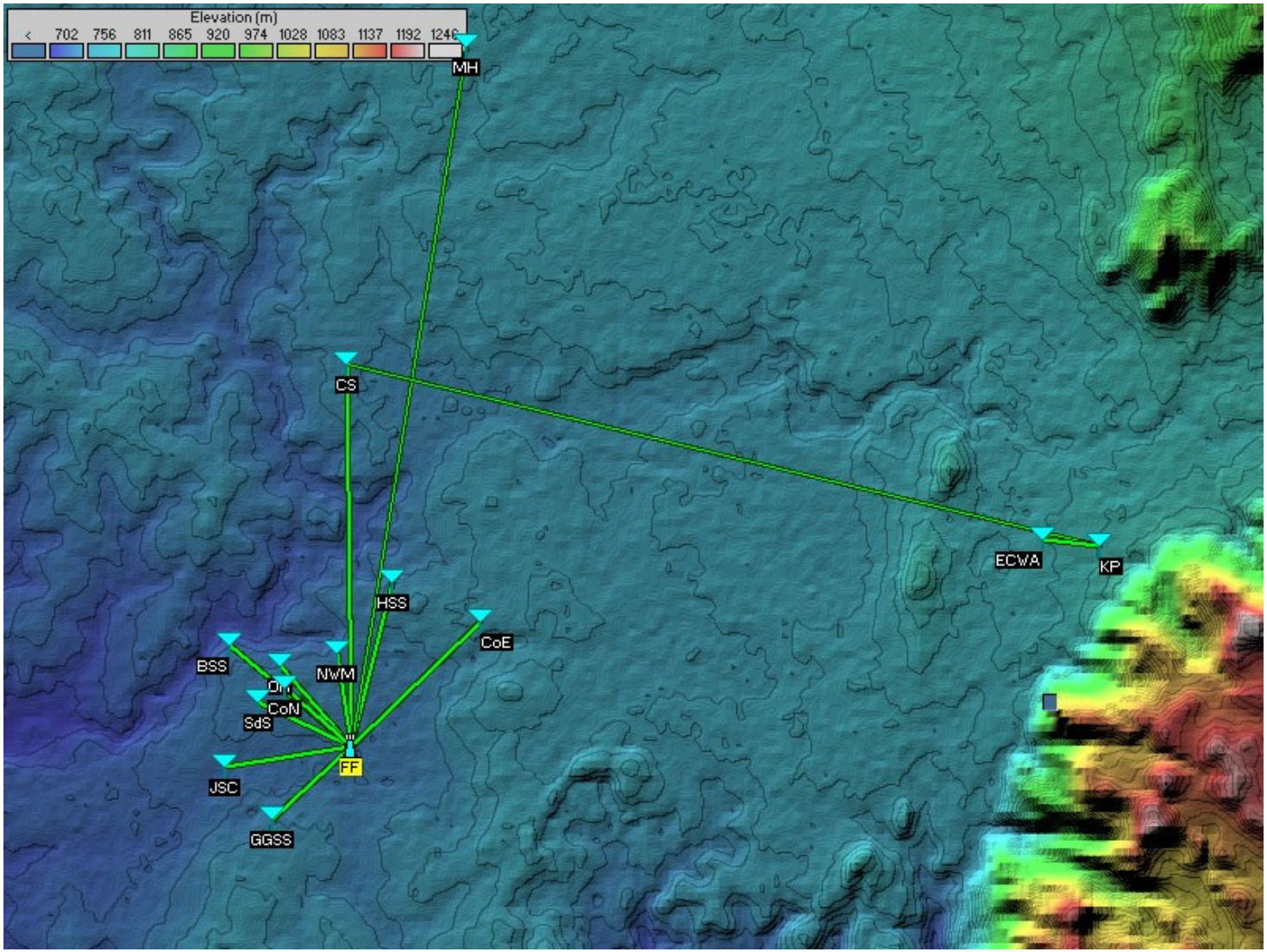
Network Backbone



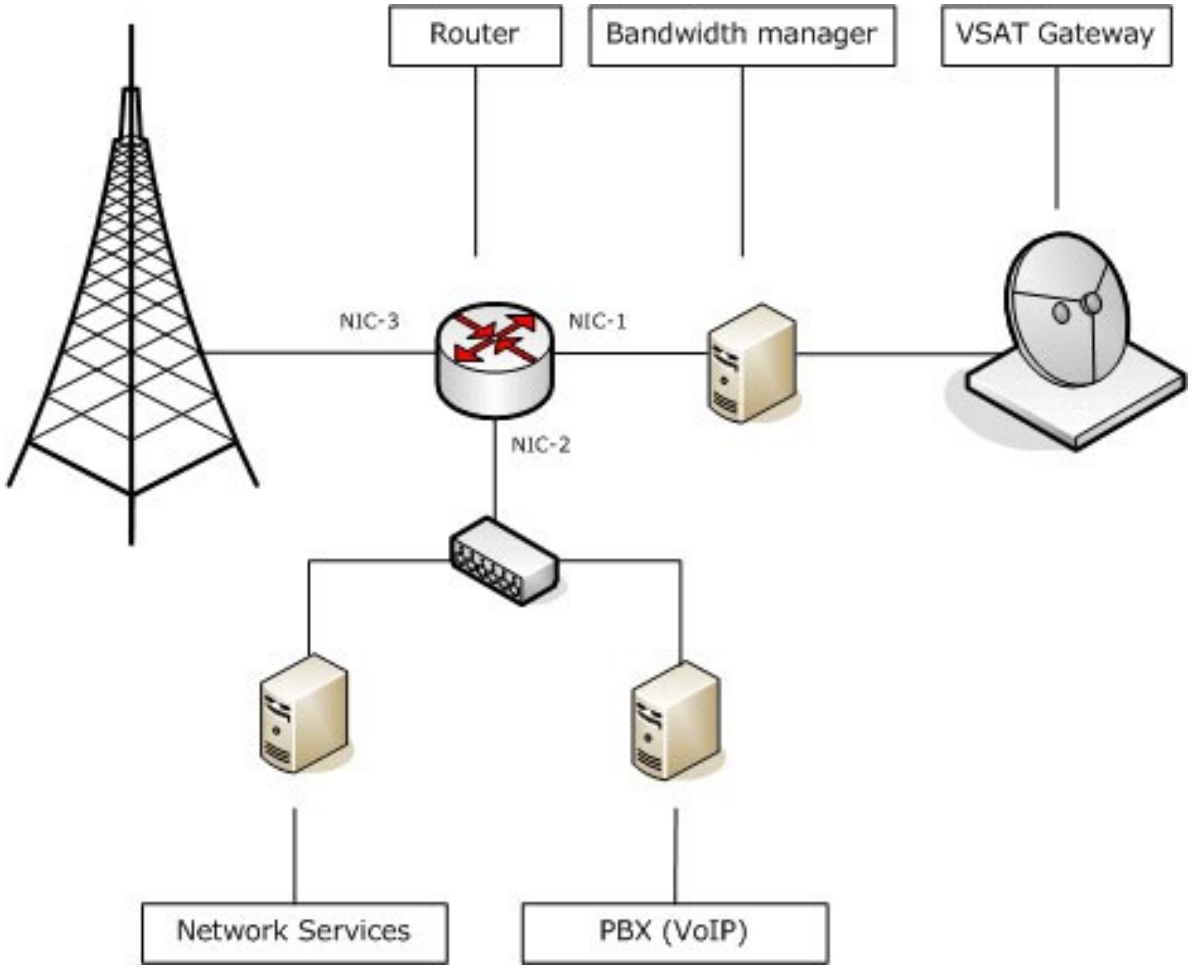
Sectores en servicio



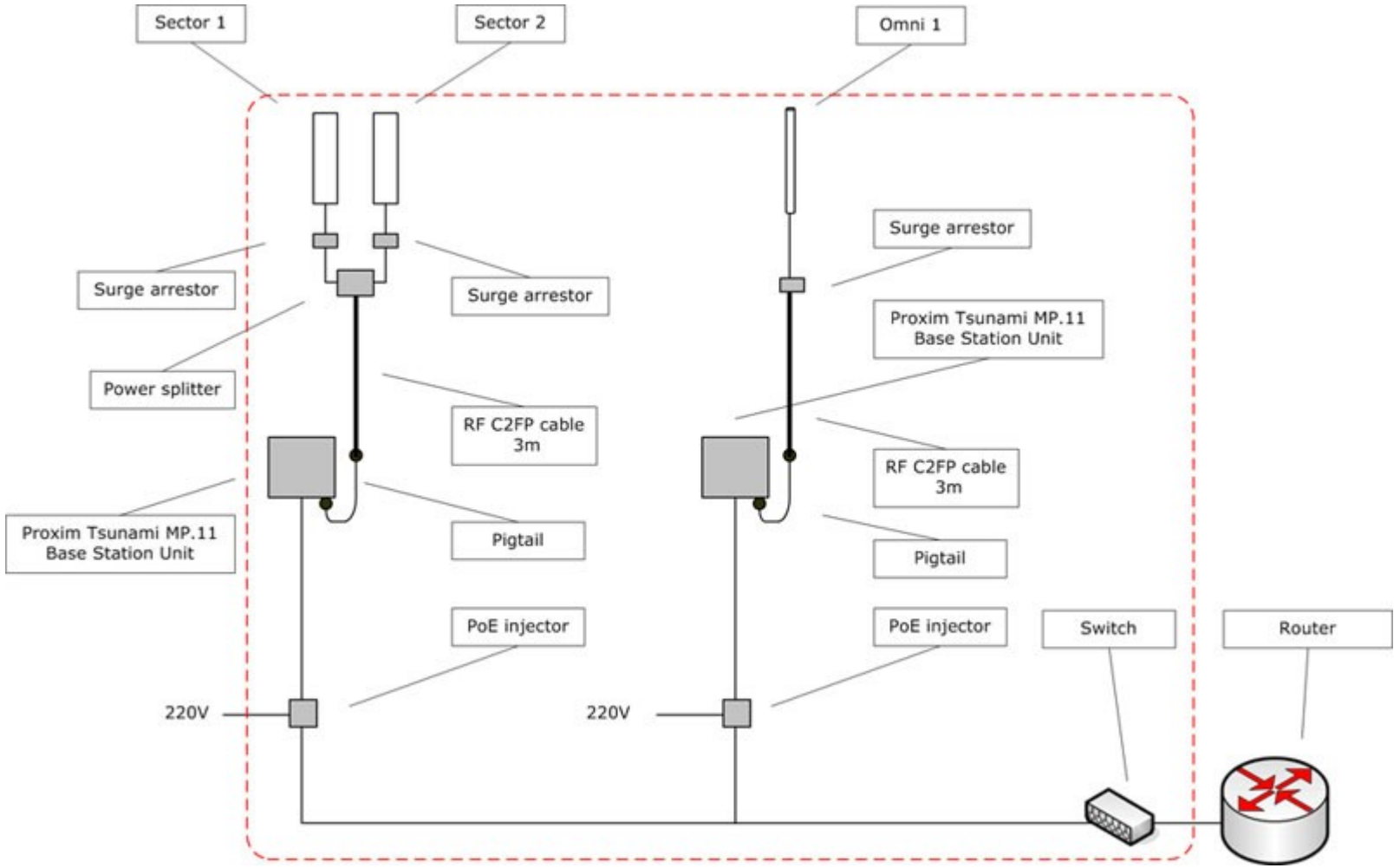
Topología de red



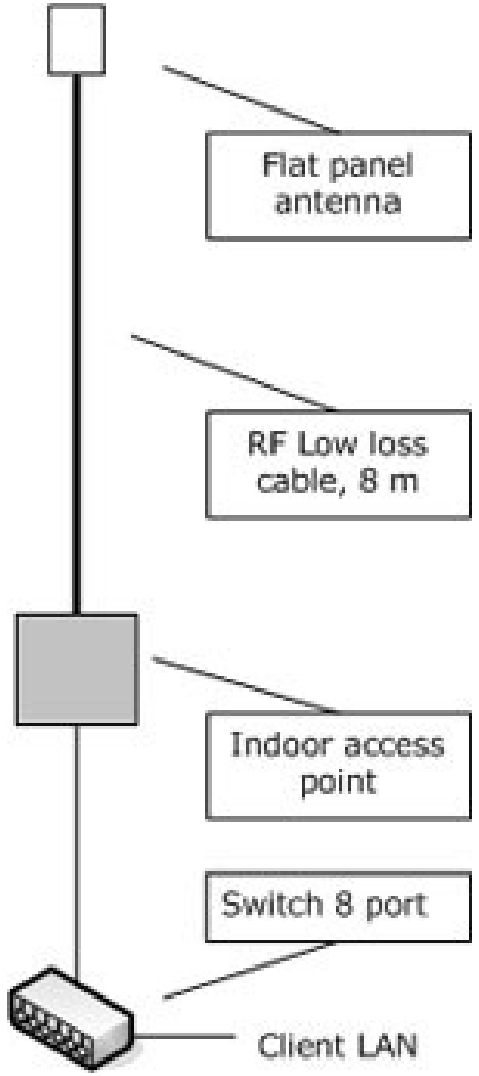
Inclusión de VoIP en el NOC



Equipos en el hub inalámbrico



Equipo cliente + VoIP ATA



Conclusiones



- La convergencia de la telefonía es imparable. El futuro se mueve hacia una red IP integrada
- Los estándares abiertos, la Internet y el FOSS (Asterisk) nos permite la implementación de redes VoIP
- Las regiones en desarrollo tienen que enfrentarse a retos locales muy concretos: acceso a ancho de banda, energía y una infraestructura de red adecuada.



http://voip4d.it46.se



Unidad 17: Enlaces de Larga Distancia

Autor: Ermanno Pietrosemoli. Fundación EsLaRed

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1 Grados de dificultad..... 2
1.2 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. ¿Qué se necesita para un enlace de larga distancia?..... 3
4. Alineación de Antenas..... 5
4.1 Alineación cuando podemos ver el otro extremo del enlace..... 6
4.2 Alineación cuando NO podemos ver el otro extremo del enlace..... 10
4.3 Wi-Spy al rescate..... 15
4.4 Google Ayuda..... 16
4.5 Tiempos de propagación..... 17
5. La banda de 5 GHz..... 22
6. Conclusiones..... 23
7. Recursos adicionales..... 24
7.1 En Línea..... 24
7.2 Libros y Artículos..... 25
8. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 25

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue desarrollado originalmente en castellano para el proyecto TRICALCAR. Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia 3.0 **Atribución No-Comercial-Licenciamiento Recíproco** (Creative Commons <http://creativecommons.org/>).

1.1 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “medio” .

1.2 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación practica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Aunque la tecnología WiFi fue diseñada para redes de área local, su impacto en los países en desarrollo es mucho más significativo en aplicaciones de larga distancia.

En países desarrollados se han instalado cables de fibra óptica que ofrecen grandes anchos de banda y que satisfacen las necesidades de comunicación de la mayor parte de las ciudades. En contraste, la penetración de la fibra óptica en el mundo en desarrollo no alcanza a suplir las necesidades y el costo de expandirla está a menudo fuera del alcance de las empresas de telecomunicaciones que no perciben la viabilidad de recuperar su inversión en un plazo razonable.

Las tecnologías inalámbricas, en cambio, han tenido mucho éxito en los países en desarrollo, baste con notar que en América Latina la penetración de la telefonía móvil ya excede el 50% en toda la región y en algunos países supera el 70%. Esto demuestra contundemente que los costos de infraestructura son inferiores cuando no se instalan cables, sobre todo en áreas de baja densidad de población.

Dentro de las tecnologías inalámbricas, hay muchas variantes que se han utilizado con mayor o menor éxito dependiendo de las aplicaciones.

Las empresas de telecomunicaciones han instalado radioenlaces de microondas en la mayoría de los países. Esta es una tecnología madura, que ofrece altos grados de confiabilidad y disponibilidad de servicio que puede llegar al 99,999%. Sin embargo, estos enlaces cuestan decenas de miles de dólares y requieren de personal altamente entrenado para su instalación. También se han instalado con mucho éxito sistemas satelitales que son muy adecuados para regiones de baja densidad de población. Sin embargo, la solución satelital sigue siendo costosa para tráfico bidireccional sobre todo donde no existen otras alternativas asequibles.

Desde los ochenta los radioaficionados desarrollaron técnicas para transmisión de datos sobre enlaces de radio de bajo costo. Conocidas como "Packet Radio", estas tecnologías han sido utilizadas exitosamente para proveer acceso a Internet en zonas remotas, con enlaces de cientos de kilómetros en VHF y miles de kilómetros en HF. Desafortunadamente, la velocidad de transmisión es muy limitada para las necesidades actuales.

En cambio, la tecnología de Espectro Esparcido, al ser aplicada a frecuencias en el rango de las microondas, permite realizar enlaces de alta velocidad a un costo muy bajo. Así, desde 1995 la hemos utilizado en la red de datos de la universidad de los Andes en Mérida, Venezuela, para establecer enlaces a 11 km de distancia usando antenas Yagi fabricadas en el Laboratorio de Comunicaciones.

Posteriormente, se ha seguido incrementando el alcance hasta que en abril de 2007 logramos demostrar transmisión a 382 km con equipos WiFi modificados y dotados de antenas de alta ganancia. Esto posiciona la tecnología WiFi como la más económica para transmisión de datos a alta velocidad, con las modificaciones que analizaremos en esta unidad.



- Los enlaces WiFi trabajan en bandas que no requieren licencia, lo que implica que tampoco tienen ninguna protección del ente regulador.
- Antes de hacer una inversión en este tipo de tecnología examine el estado del espectro en la región y en la banda que piensa utilizar.
- En las ciudades, la banda de 2, 4 GHz está muy congestionada. En zonas rurales generalmente hay menos problemas.

3. ¿Qué se necesita para un enlace de larga distancia?

Son cinco las áreas que hay que modificar en los dispositivos WiFi para aplicarlos a larga distancia: mejorar el presupuesto de potencia, aumentar la ganancia de las antenas, disminuir las pérdidas en los cables de antena, mejorar la sensibilidad del receptor y tomar en cuenta el efecto del tiempo de propagación de las señales de radio que es de 33, 3 microsegundos por kilómetro.

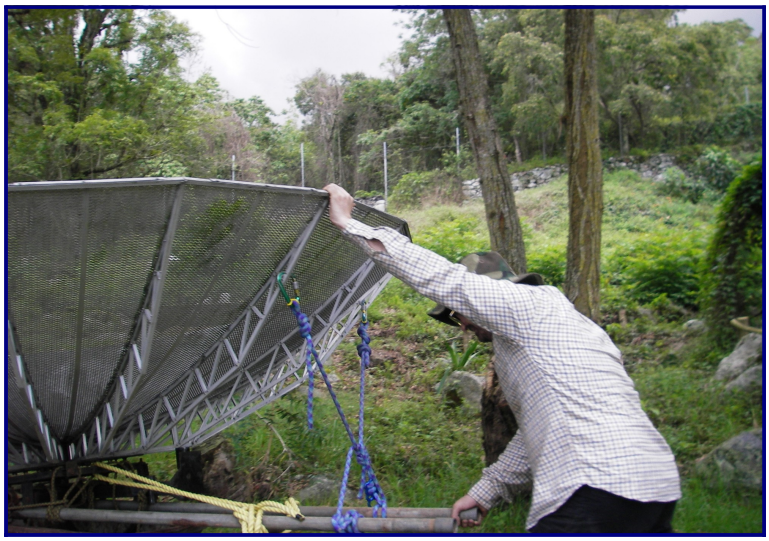


Figura 1: Una antena para enlace a larga distancia.

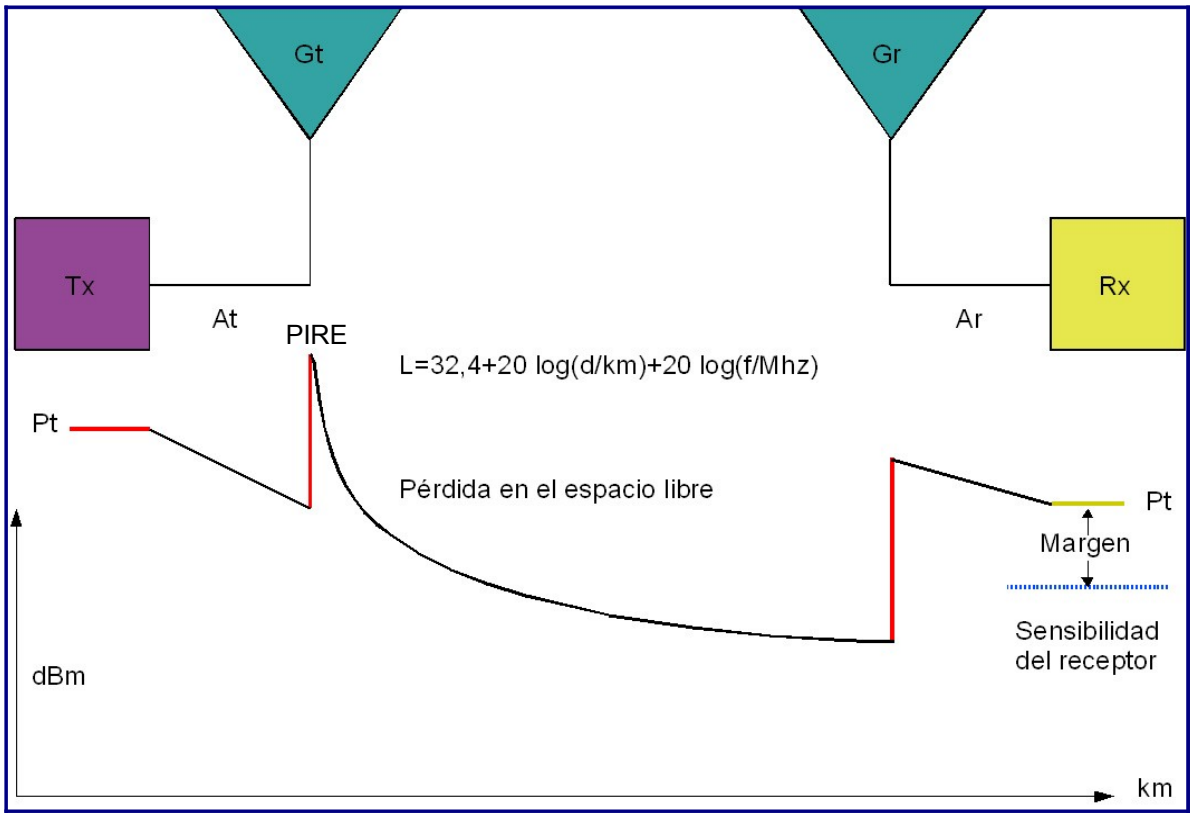


Figura 2: Potencia en dBm versus la trayectoria en un radioenlace (Presupuesto de Potencia)

Si observamos la **figura 2** donde se muestra la potencia versus la trayectoria en un radioenlace concluimos que para llegar al receptor con un margen adecuado podemos modificar cualquiera de los siguientes factores:

1) Aumentar la potencia de transmisión

2) Aumentar la ganancia de las antenas

3) Disminuir las pérdidas en los cables de antena

4) Mejorar la sensibilidad del receptor



No hemos hecho mención a las pérdidas por absorción debida a la lluvia. Estas pérdidas son muy pequeñas en la banda de 2,4 GHz y se pueden considerar despreciables. Son un poco mayores a 5 GHz.

Aumentar la potencia de transmisión puede llevarnos a violar las normas vigentes en el país.

Aumentar la ganancia de las antenas es, con mucho, la forma más efectiva para mejorar el alcance. Para ello, el requisito más importante es que el radio a utilizar esté dotado de conectores que permitan utilizar una antena externa. En la unidad de antenas y cables se detalla como seleccionar las antenas y cables adecuados para cumplir con los requisitos.

Disminuir las pérdidas en los cables de antena sigue siendo importante, y la manera más fácil de conseguirlo es colocar el radio en el exterior, pegado de la antena, para lo cual se requiere una caja a prueba de intemperie y, posiblemente, suministrar la energía al radio mediante mediante la técnica de PoE (Power over Ethernet).

Mejorar la sensibilidad del receptor significa escoger un modelo de radio que tenga mejores prestaciones o conformarse con trabajar a velocidades de transmisión más bajas, donde la sensibilidad es mejor.



Nosotros nos concentraremos en utilizar antenas altamente directivas, suponiendo que ya se han tomado en cuenta los otros factores mencionados.

Al utilizar antenas altamente directivas a distancias grandes se requiere emplear métodos que nos permitan alinearlas correctamente. A continuación describiremos estos métodos.

4. Alineación de Antenas

Vamos a suponer que existe línea visual y adecuado despeje de la primera zona de Fresnel en la trayectoria que nos proponemos salvar. En la unidad de simulación de redes en exteriores se describe cómo alcanzar estos objetivos.

4.1 Alineación cuando podemos ver el otro extremo del enlace

Cuando podemos ver el otro extremo del radioenlace, la tarea de alinear las antenas se reduce a constatar que estamos utilizando la misma polarización en ambos extremos y alinear visualmente ambas antenas. Podemos utilizar una herramienta como “netstumbler” o su equivalente que mida la intensidad de la señal recibida para un ajuste fino, buscando el punto de recepción máxima.

Para alinear las antenas se requiere dos equipos de trabajo, uno en cada extremo del enlace y dotados de algún medio de comunicación como teléfono celular o radio de dos vías.

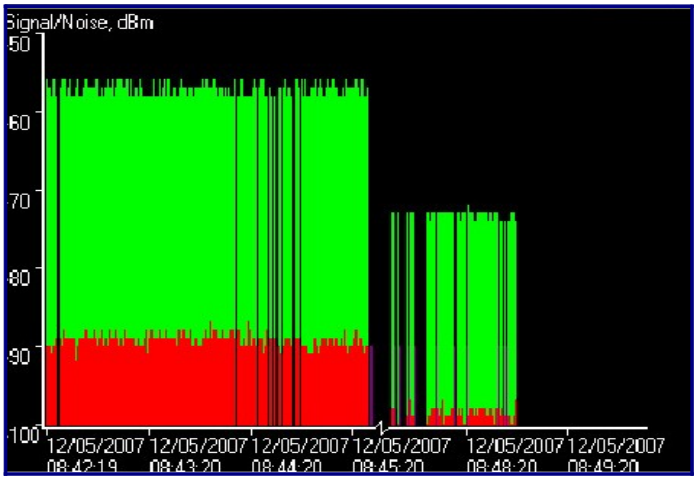


Figura 3: Pantalla del programa Netstumbler que nos permite apreciar la intensidad de la señal recibida.



Figura 4: Equipos de trabajo en cada extremo del enlace

Las herramientas aconsejadas son:

1) Radio de dos vías o teléfono celular
2) Laptop dotado de software que permita medir la intensidad de la señal recibida
3) Radios WiFi que se van a utilizar en el enlace con sus cables (pigtail) y antenas
4) Abrazaderas para sujetar la antena al tubo mástil de soporte
5) Herramientas para los tornillos de las abrazaderas
6) Binóculo o largavista (no indispensable)
7) Inclinómetro para medir el ángulo de elevación (no indispensable)
8) En caso de que la instalación se deba realizar a cierta altura, arnés y correa de seguridad para sujetarse a la torre o mástil
9) Casco de seguridad, guantes y lentes oscuros



Figura 5: Inclinómetro utilizado para medir el ángulo de elevación

Es importante que la persona que vaya a trepar a la torre o mástil para orientar la antena tenga experiencia previa en este tipo de trabajo. Muchos países exigen que el personal que vaya a trabajar por encima de cierta altura esté debidamente certificado para ello. Revise las reglamentaciones locales al respecto.



Figura 6: Marco Zennaro y Tomas Krag alinenado un enlace de 12 km



Antes de movilizarnos al campo es imprescindible hacer una prueba con los dos radios que se van a utilizar en ambos extremos del enlace, para asegurarnos de que estén configurados correctamente y que se pueden comunicar. La configuración más común es que un extremo se configure como AP y el otro como cliente, aunque también podemos configurar ambas estaciones en modo puente. Es conveniente tambien probar el software que utilizaremos para medir la intensidad de la señal recibida, como el netstumbler o similar.

El procedimiento consiste en instalar las antenas en sus estructuras de soporte en ambos extremos, alinearlas visualmente y luego conectarlas a sus respectivos radios. Supondremos, a manera de ejemplo, que en el sitio A hemos configurado el radio como AP y en el sitio B como cliente. Una vez que se reciba la señal en el sitio B, mediremos la intensidad recibida mediante netstumbler u otro programa que nos indique el nivel de señal (recuerde que la señal recibida en dBm es negativa, por lo que mientras más grande es el número, más pequeña es la señal).

Algunos programas indican el nivel de la señal recibida como un porcentaje, en este caso mientras mayor sea el porcentaje, mayor es la señal.

Procedemos a optimizar la alineación operando en un extremo a la vez:

1) Dejamos la antena del sitio A fija y rotamos la antena del sitio B lentamente primero en una dirección y luego en otra, observando la intensidad de señal recibida. Cuando hayamos encontrado el máximo, fijamos la posición horizontal de la antena B.

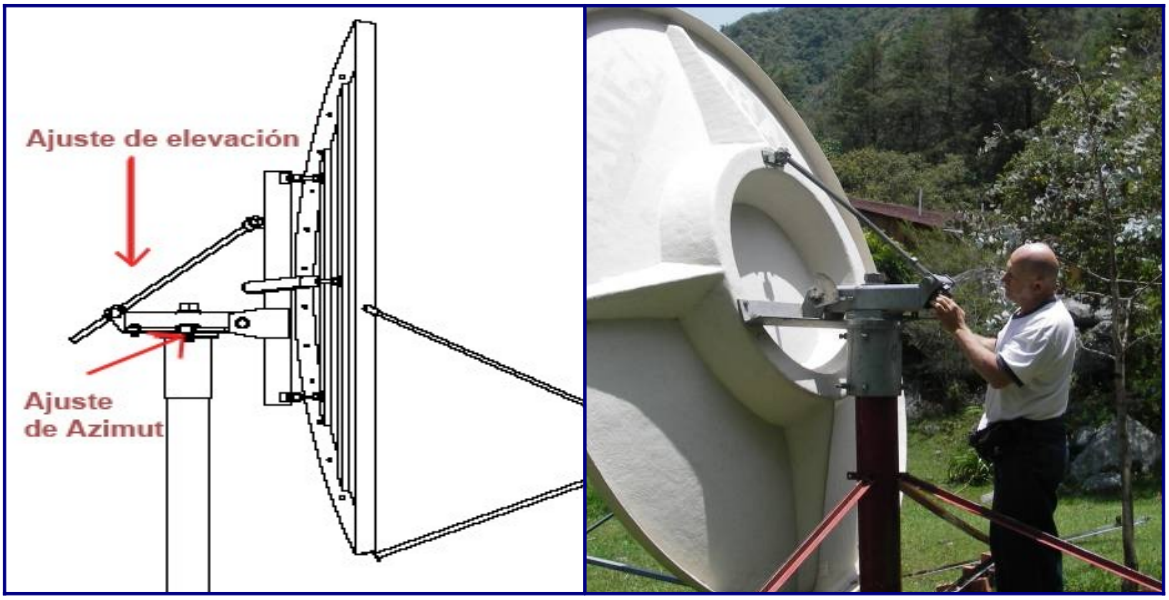


Figura 7: Ajuste Verical y Horizontal (Azimut) de la antena

Repetimos el procedimiento con el ángulo de elevación, si las alturas de los dos puntos son muy diferentes.

Una vez satisfechos de que la antena B esté correctamente alineada, la dejamos fija y procedemos a repetir el procedimiento con la antena A: rotarla hasta alcanzar el máximo de la señal recibida y verificar el ángulo de elevación óptimo. Puede ser necesario repetir una vez más el procedimiento de alineación de la antena B.

Téngase en cuenta que algunas antenas tienen lóbulos laterales, por lo que puede ocurrir que hayamos alineado en uno de ellos y no en el lóbulo principal. Para descartar esta eventualidad es bueno hacer un barrido horizontal muy amplio y así cerciorarnos de que efectivamente estamos en el lóbulo principal. También es conveniente cotejar el nivel de la señal recibida con el valor calculado previamente durante la planificación del enlace.

Se pasa entonces a hacer pruebas de transmisión, utilizando “ping” para medir la pérdida de paquetes y el tiempo de transmisión.También se pueden hacer pruebas de velocidad de tranmisión con herramientas como “iperf”. Al terminar la instalación, no olvidar proteger los conectores de antenas con la cinta adecuada (a veces llamada autofundente) o con compuesto a prueba de intemperie. La cinta aislante para electricistas no es suficiente.



Figura 8: Javier Triviño alineando visualmente

4.2 Alineación cuando NO podemos ver el otro extremo del enlace

Las cosas son un poco más complicadas cuando no alcanzamos a ver el otro extremo. Además de lo listado en el aparte anterior, necesitaremos:

1) Brújula (son mejores las que marcan también el rumbo recíproco), de la mejor calidad que podamos conseguir, o un teodolito de los utilizados por topográfos



Figura 9: Brújula de precisión

2) Dispositivo GPS, sumamente útil y no demasiado costoso hoy en día. Nos indica la distancia y el rumbo o azimut hacia el otro extremo del enlace. Recuerde que la altura indicada por el GPS puede tener un error muy significativo, por lo que es necesario cotejarla con algún otra fuente de datos, como mapas o compararla con la medida en un sitio cercano cuya altura conozcamos y aplicar el respectivo factor de corrección.



Figura 10: GPS

3) El software Radio Mobile descrito en la unidad de simulación de redes en exteriores
4) Los mejores mapas que podamos conseguir de la zona, preferiblemente con elevaciones o curvas de nivel. Los mapas digitales son mejores, pero pueden ser costosos o difíciles de conseguir.



Figura 11: Mapa con curvas de nivel

5) El programa Google Earth nos permite calcular el rumbo entre los extremos y ver muchos detalles topográficos
6) Un cordel de varios metros para estimar mejor la dirección a la que apunta la antena
7) Averiguar la declinación magnética del lugar

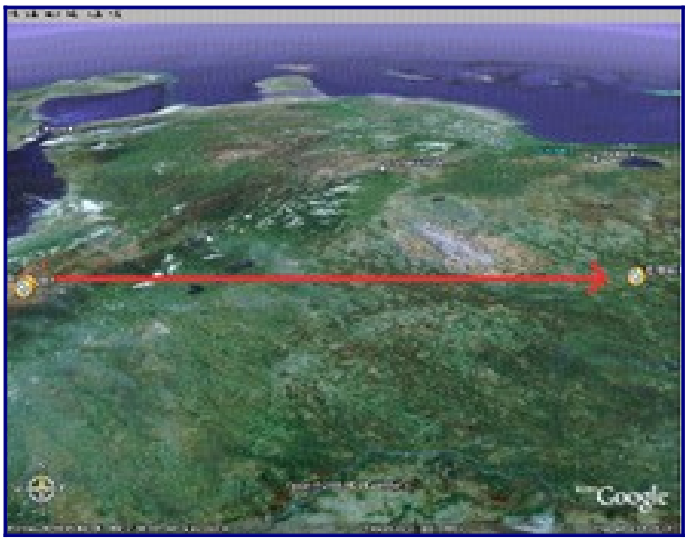


Figura 12: Mapa de Google Earth www.google.com

Suponemos que ya hemos determinado, con la ayuda de Radio Mobile o de otra manera cuál es el rumbo al que debemos apuntar la antena en cada extremo. Tome en cuenta la declinación magnética de cada sitio, recuerde que varía en el tiempo, en la **Figura 13** se muestra un ejemplo:



Figura 13: Rumbo Magnético indicado por la brújula y rumbo geográfico o verdadero indicado por el mojón de cartografía nacional, El Baúl, Venezuela, Abril 2007. La diferencia es de 10 grados.



Recuerde que los mapas indican siempre el rumbo geográfico o verdadero, pero en el campo, para alinear la antena, tendrá que utilizar el rumbo magnético. Algunos receptores GPS indican ambos. Puede utilizar la siguiente página para calcular la declinación en cualquier lugar:

http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/jsp/Declination.jsp

Una vez obtenido el rumbo magnético lo utilizaremos para orientar la antena mediante la brújula.

Recuerde que cualquier objeto ferromagnético altera la lectura de la brújula. Por eso se puede utilizar un cordel atado a la antena y extendido unos metros, nos alejaremos de la antena y alinearemos la brújula con el cordel. Ver **Figura 14**.

También podemos fijarnos en algún objeto visible en la dirección de la estación y utilizarlo como referencia para apuntar nuestra antena.

Algunas antenas parabólicas tienen un tubo en su eje para soportar el iluminador. Si desmontamos el soporte se facilita la tarea de alineación, pues podemos mirar directamente desde la parte posterior de la antena hacia la dirección en la que estamos apuntando.



Figura 14: El cordel atado a la antena nos ayuda a determinar la alineación y a alejar la brújula de objetos ferromagnéticos que puedan alterar su lectura.

Para muchos casos, será suficiente repetir el procedimiento de alineación descrito, midiendo la intensidad de la señal recibida desde el transmisor remoto mediante software.

Sin embargo, en enlaces muy largos este método puede fallar porque la intensidad de la señal WiFi no es constante y se esparce sobre 20 MHz. Además, el software sólo puede mostrar la intensidad de la señal cuando ha logrado decodificarla, y para esto tiene que estar recibiendo una señal suficientemente fuerte. Es decir, este método no es el más apropiado para enlaces muy largos.

Tradicionalmente, lo que se hace en estos casos es utilizar un generador de señales en un extremo y un analizador de espectros en el otro. El generador de señales produce un tono dentro de la banda de interés que será detectado por el analizador de espectros en el otro extremo, como se muestra en la **Figura 15**. Con este arreglo se procede a alinear las antenas en ambos extremos según el procedimiento ya descrito. El esquema se ilustra en la **Figura 16**.

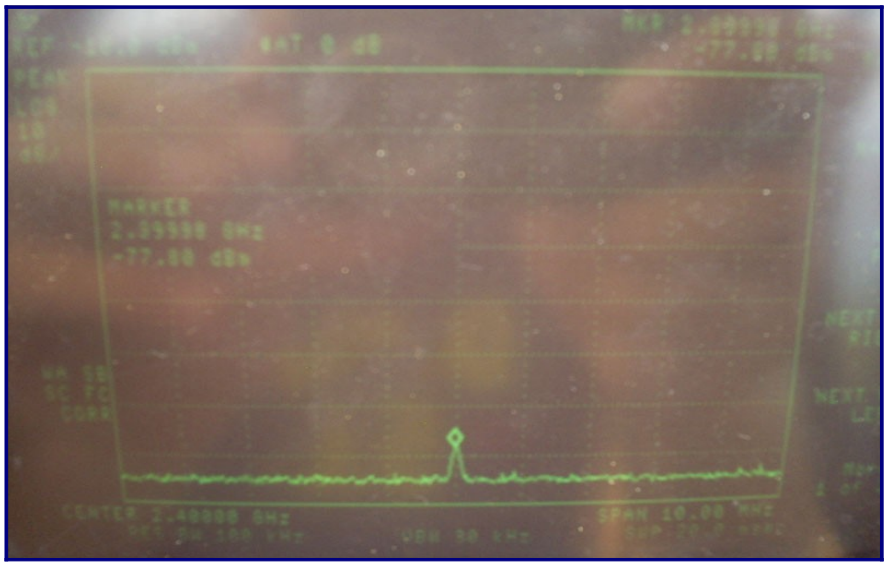


Figura 15: Tono de 2399 MHz recibido a 382 km de distancia con un analizador de espectros

Este método funciona muy bien también a grandes distancias, pero se requiere disponer de instrumentos muy costosos que no están al alcance de todas las organizaciones .

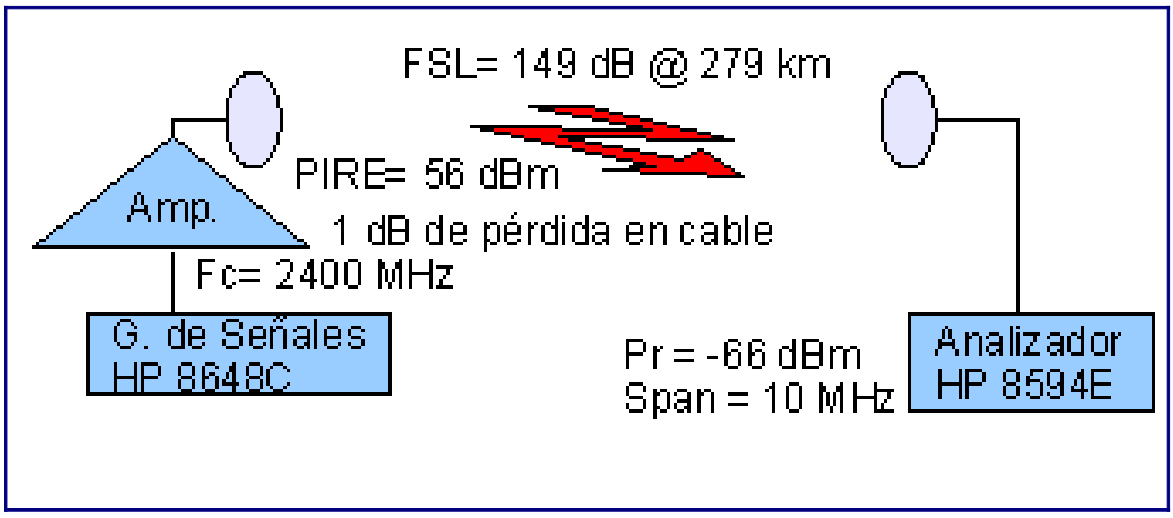


Figura 16: Esquema de los instrumentos utilizados para alinear antenas cuando el otro extremo no es visible.

Desde hace años hemos estado buscando un analizador de espectros económico para poder usarlo en esta aplicación específica, y en las activiades de entrenamiento en redes inalámbricas que se llevan a cabo en el ICTP hemos examinado diferentes productos, pero ninguno cumplía la condición de ser de bajo costo.

4.3 Wi-Spy al rescate

Afortunadamente, el año pasado la empresa Metageek liberó un dispositivo USB de bajo costo, que conectado a un laptop y con el software adecuado (hay versiones Linux, Mac y Windows) emula la funcionalidad de un analizador de espectros en la banda de 2,4 a 2,483 GHz. Tan pronto adquirió este dispositivo, Carlo Fonda del ICTP le soldó un "pigtail" (cable corto y flexible) con un conector externo y ya disponíamos de un analizador de espectro que puede utilizarse exitosamente para alinear antenas en la banda de 2,4 GHz, como puede verse en la **Figura 19.**

Los que hemos tenido que llevar un analizador de espectros convencional en un avión y hacer los trámites aduanales respectivos estamos muy agradecidos a la empresa que produjo esta pequeña maravilla tecnológica.

Bien, ahora tenemos la mitad del problema resuelto, pero aún dependemos de un generador de señales, que aunque más pequeño que el analizador, sigue siendo voluminoso y costoso.

Parece un problema más fácil de resolver, si pudiéramos modificar un radio WLAN para que transmitiera en una sola frecuencia, estaríamos resueltos. Nuestros esfuerzos en este sentido fueron infructuosos.Sin embargo, durante la AirJaldi Summit que se realizó en Dharamsala en octubre del 2006, le comenté a Elektra (Corinne Aichele) el problema en cuestión y ella me comentó que en Alemania vendían unos transmisores analógicos de video que trabajan en la banda de 2,4 GHz. De regreso a Venezuela empecé a probar con todos los transmisores de este tipo que pude conseguir, pero todos transmitían fuera de la banda de interés, aún los que según el fabricante debían estar en la banda.

4.4 Google Ayuda

Finalmente, luego de muchas búsquedas en Internet logré ubicar una empresa que ofrecía un "video sender" que trabaja en la banda de 2,4 GHz, que permite seleccionar 8 frecuencias distintas y que además tiene una potencia de salida de 1 W. Parecía demasiado bueno para ser cierto, así que ordené el dispositivo sin mucha confianza pero me sorprendí gratamente cuando pude comprobar que efectivamente funciona como afirma el fabricante y realmente produce un tono de 2450 MHz a 30 dBm y dos bandas laterales, como se puede observar en las **Figuras 17** y **18**:





Figura 17: El “generador de señales” (Video Sender) conectado al analizador de espectros

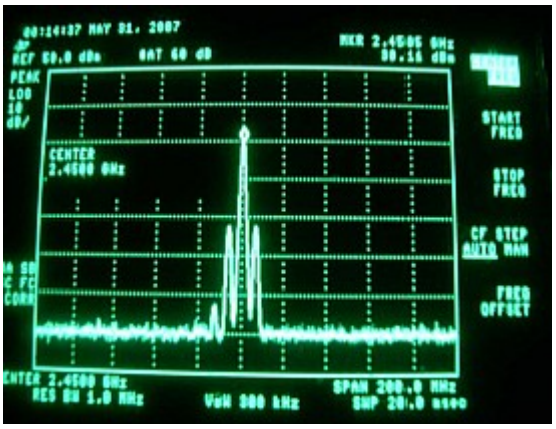


Figura 18: Pantalla del analizador de espectros mostrando la intensidad de la señal generada por el video sender, 30,11 dBm a la frecuencia de 2450 MHz. Las dos bandas laterales están 22 dB por debajo de la portadora por lo que no afectan el proceso de alineación.

El juego completo de generador de señales y analizador de espectros que se muestra en la **Figura 18**, sólo requiere, adicionalmente, un laptop y el software correspondiente a fin de completar una poderosa herramienta para alinear antenas a larga distancia:

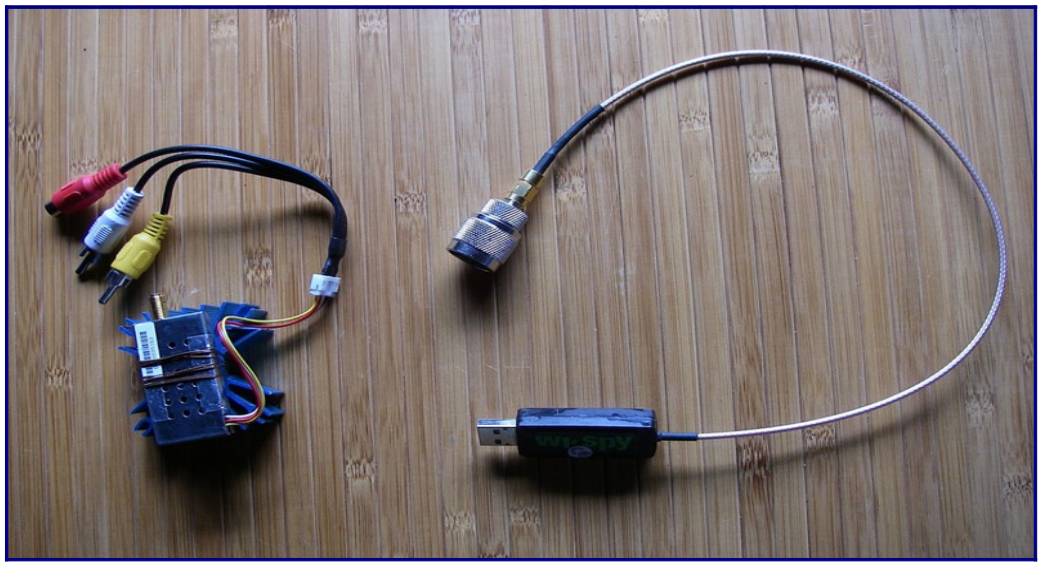


Figura 19: Generador de señales y analizador de espectro basado en software.

Con esto hemos concluido lo referente al presupuesto de potencia y técnicas de alineación. En la próxima parte examinaremos cómo manejar los tiempos de propagación largos.

4.5 Tiempos de propagación

El protocolo de acceso al medio (*MAC*) que utiliza WiFi está diseñado para que varios usuarios compartan el mismo canal de transmisión y recepción a corta distancia.

Por ello utiliza un método de compartir el canal que consiste esencialmente en escuchar para asegurarse de que no esté ocupado, esperar un cierto tiempo en función del estado previo del canal, y luego transmitir. A diferencia de Ethernet en cable, donde el transmisor puede constatar la existencia de una colisión al detectar una trama anómala, en el medio inalámbrico que utiliza la misma frecuencia para transmitir y recibir no es posible detectar una colisión. En consecuencia, el transmisor espera la confirmación de que la trama haya sido recibida exitosamente por parte del receptor a través de un acuse de recibo ACK enviado por éste. El ACK es una trama corta que debe ser recibida por el transmisor dentro de un tiempo prudencial. Si al cabo de este tiempo no se recibe el ACK, el transmisor supone que la trama encontró algún obstáculo y la retransmite. Esto implica un compromiso en la escogencia del tiempo de espera por el ACK, en función del tiempo de propagacion desde el transmisor hasta el receptor, el procesamiento de la trama en el receptor, la emisión del ACK, y el tiempo de propagación de este último hasta el transmisor.

Como las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz, c=300.000 km/s, a distancias cortas el tiempo de propagación es despreciable. Pero para un enlace a 15 km de distancia este tiempo es de 100 microsegundos, excediendo lo previsto en la mayoría de las implementaciones normales de WiFi.

Los tiempos previstos para recibir el ACK son insuficientes para enlaces de larga distancia, por lo que se pueden emplear tres soluciones:

1) Usar el modo *ad hoc*, en el cual no se esperan ACK
2) Aumentar el tiempo de espera por el ACK
3) Modificar el mecanismo de acceso al medio para que no dependa de ACK.

Aunque el modo *ad hoc* es parte del estándar, muchos dispositivos del mercado no lo soportan, o no funcionan bien en este modo.

OpenWRT, entre otros, es un ejemplo de firmware desarrollado por la comunidad de software libre que permite aumentar el tiempo de espera por los ACK y hacerlo adecuado para enlaces de larga distancia.

Utilizando este firmware con enrutadores inalámbricos Linksys en abril del 2006 logramos transmitir a 279 km de distancia, y en abril del 2007 alcanzamos 382 km.

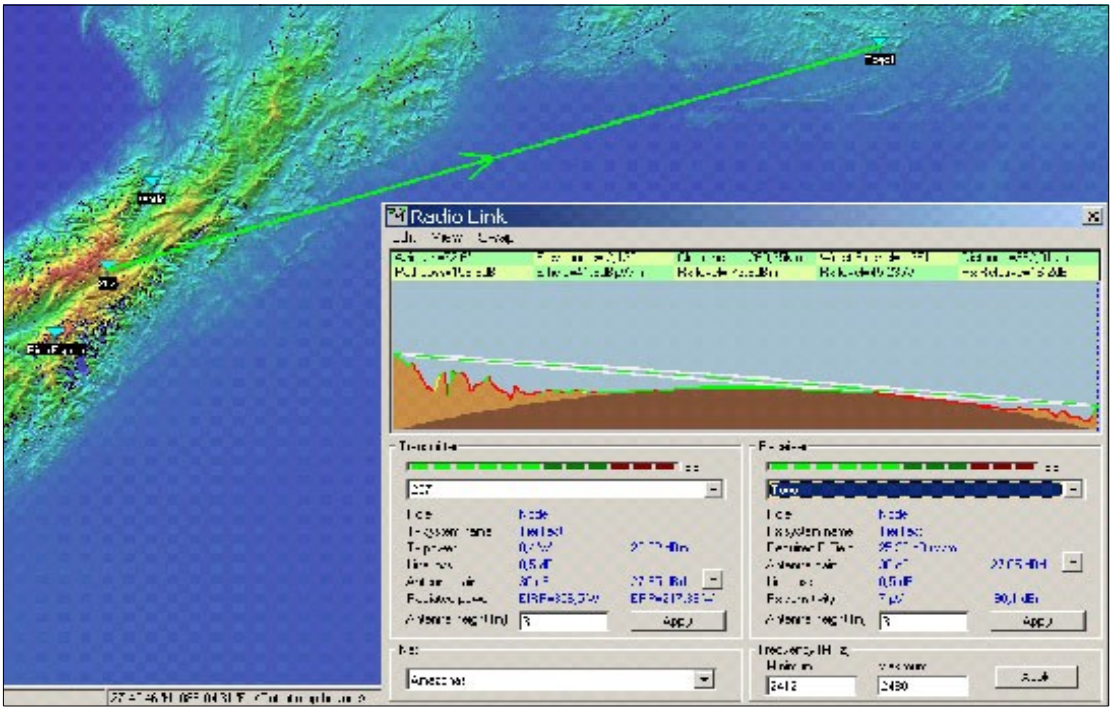


Figura 20: Trayectoria y diagrama de perfil del enlace a 382 km realizado el 29 de abril de 2007 entre Pico del Aguila y Cerro Platillón, Venezuela.

Sin embargo, la velocidad de transmisión disminuye linealmente con la distancia, y, aunque logramos transmitir video y audio sobre este enlace, el rendimiento (throughput) neto era de apenas 65 kbit/s.

Esto se corresponde con otras medidas sobre enlaces largos, como las realizadas por el grupo TIER de la Universidad de California en Berkeley:

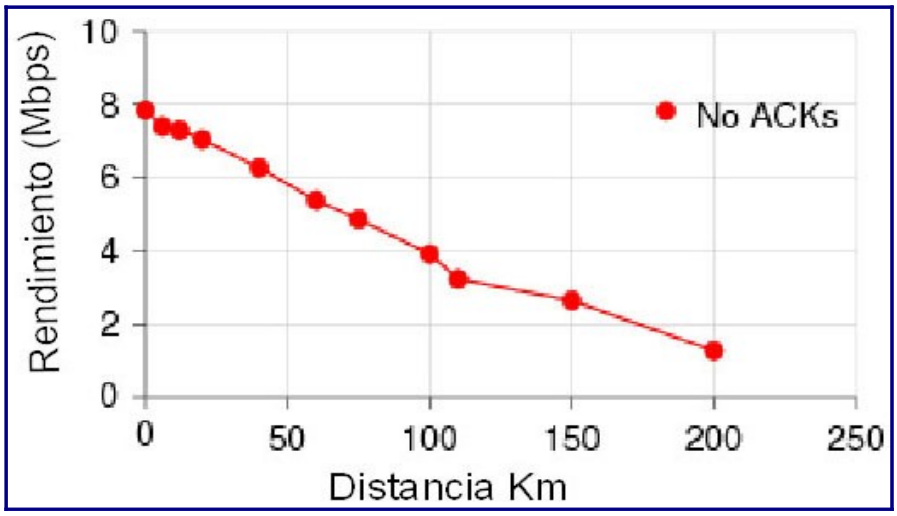


Figura 21: Disminuición del rendimiento con la distancia en enlaces WiFi
Fuente: WiLDNet: High performance WiFi-based Long Distance (WiLD) Networks, Sonesh SuranaTIER, UC Berkeley , 2007. Community Wireless Summit , May 18, 2007 , Loyola College, Columbia, MD

La solución propuesta por el grupo TIER consiste en modificar el mecanismo de acceso al medio, sustituyendo CSMA/CA-Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance- por TDMA -Time Division Multiple Access- , el método clásico utilizado en los sistemas de microondas tradicionales. La posibilidad de utilizar este mismo método, pero en dispositivos de uso masivo y por ende bajo costo, abre nuevas perspectivas en la utilización de enlaces WiFi a largas distancias. El rendimiento o caudal es esencialmente independiente de la distancia como se puede observar en la siguiente figura, tomada de la misma presentación:

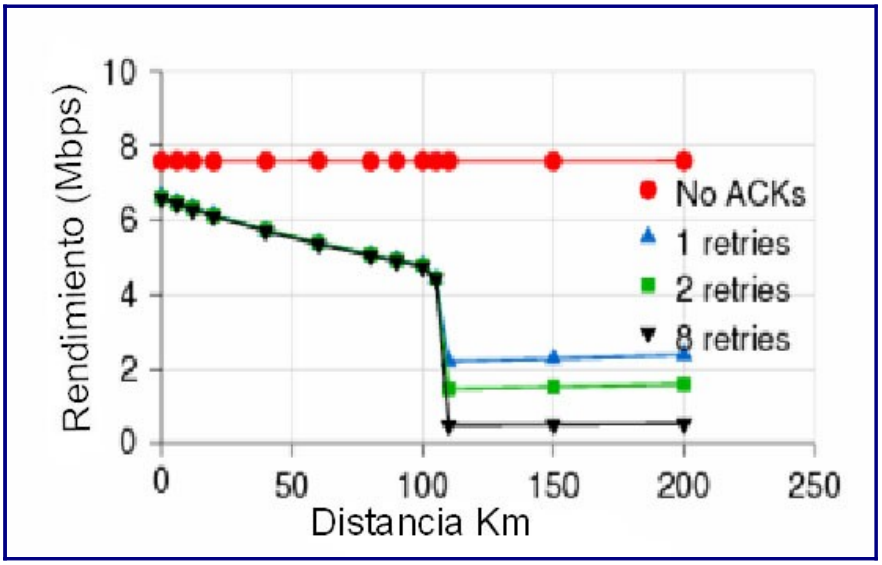


Figura 22: Rendimiento en función de la distancia para un enlace WiFi punto a punto. Nótese que al eliminar las esperas por los ACK el rendimiento es independiente de la distancia (curva superior).

Los cambios propuestos por el grupo TIER incluyen:

1) Modificaciones al driver 'madwifi' para Atheros con la finalidad de desactivar los ACK y el mecanismo de detección de portadora.
2) Implementación de un nuevo mecanismo de enrutamiento tanto en el kernel como a nivel de usuario, para crear interfaces virtuales y capturar paquetes. Se utiliza un mecanismo de ventana deslizante para confirmar la recepción de grupos de paquetes en lugar de esperar un ACK por cada paquete transmitido. Se implementa TDMA, esencialmente introduciendo un nuevo mecanismo de sincronización.
3) Instrumentación de un sistema selectivo de recuperación de pérdidas usando FEC -Forward Error Correction- para minimizar los errores de transmisión.

Nosotros pudimos comprobar la efectividad de este enfoque en enlaces de 40 , 78 y 279 km, en los cuales pudimos corroborar experimentalmente el rendimiento esperado.

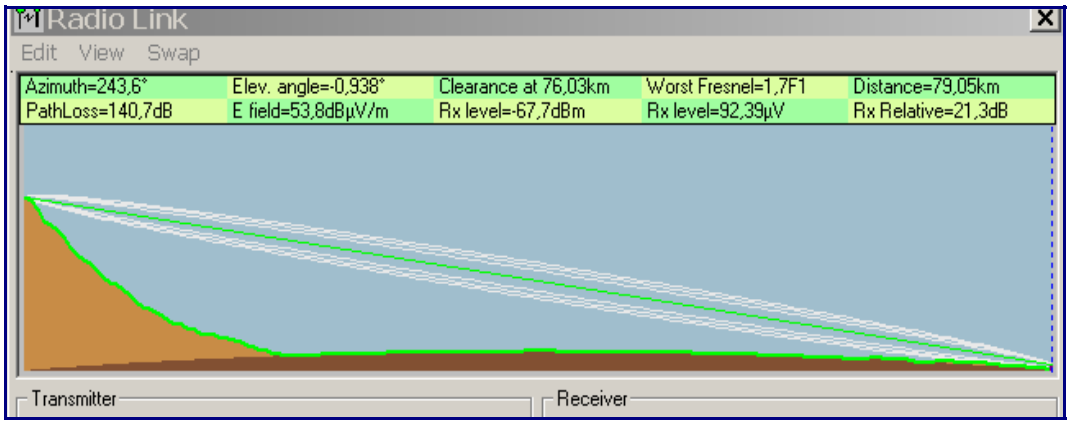


Figura 23: Diagrama de perfil de un enlace de 79 km. El rendimiento con radios a los que se les practicó la modificación TIER fue el esperado.

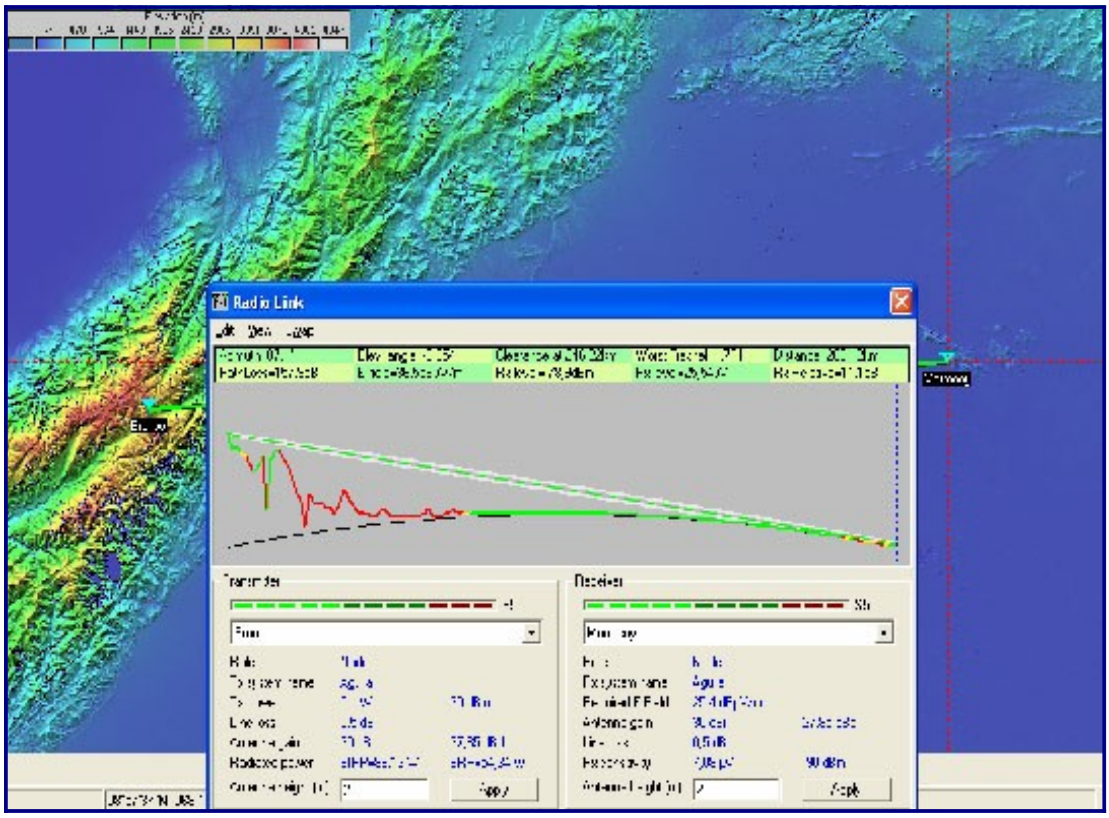


Figura 24: Perfil del enlace de 280 km

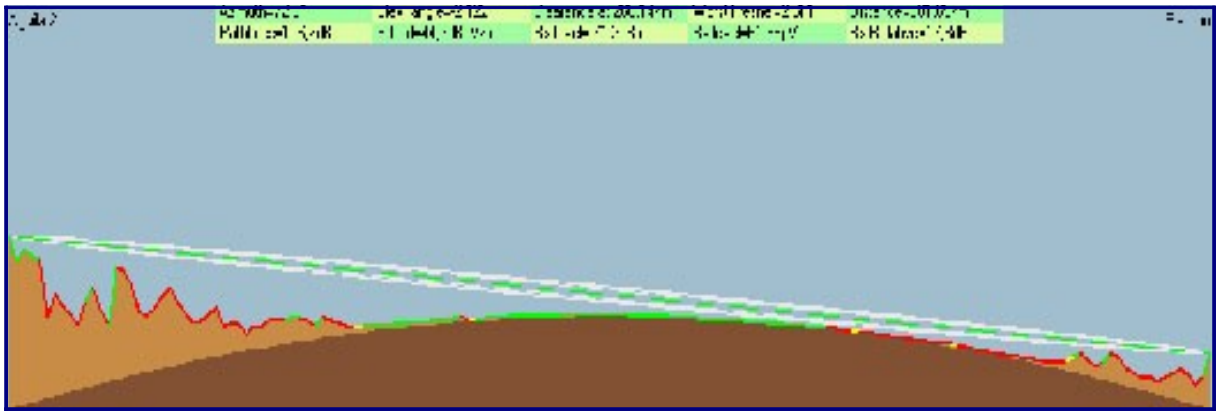


Figura 25: Perfil del enlace de 382 km

En el enlace de 382 km el rendimiento fluctuó, posiblemente debido a la inestabilidad de la portadora a consecuencia de pequeños movimientos de la antena, por lo que vamos a realizar una nueva campaña de medidas para determinar cuáles son los factores que intervienen a esta distancia.

5. La banda de 5 GHz

Los ejemplos mostrados son a la frecuencia de 2,4 GHz. Sin embargo los mismos conceptos se aplican a los enlaces en la banda de 5 GHz, donde la probabilidad de interferencia es menor. Considere emplear esta banda si está disponible en su país. Haga simulaciones con el Radio Mobile para comparar los resultados en ambas bandas.

Los efectos a considerar son:

1) En el pasado era difícil conseguir dispositivos 802.11a con conectores para antena externa. Hoy en día ya se consiguen de varios fabricantes.
2) Las pérdidas en el espacio libre son unos 6 dB mayores en la banda de 5 GHz respecto a la banda de 2,4 GHz. Sin embargo, para la misma dimensión, una antena a 5 GHz tendrá 6 dB más de ganancia que una a 2,4 GHz. Si sustituye las antena en ambos extremos obtendrá un incremento neto de 6 dB en el presupuesto del enlace.
3) El tamaño de la zona de Fresnel es menor a 5 GHz por lo que podrá usar mástiles más bajos sobre la misma trayectoria.
4) Las pérdidas en los cables de antena son mayores a 5 GHz. Manténgalos lo más corto posible. La absorción en árboles y la debida a la lluvia también es mayor en esta banda.
5) No conozco ningún dispositivo económico que permita medir el espectro a 5 GHz. Si alguien conoce alguno, por favor hagámelo saber.

En la figura 16 se muestra un ejemplo de un enlace a la frecuencia de 5,8 GHz. Aunque la distancia es sólo de 16 kilómetros, uno de los extremos está a 4765 m de altura y está conectado a una cámara que transmite imágenes del Pico Bolívar, de 5000m de altura.

Las imágenes se pueden ver en: http://www-imk.fzk.de/imk2/mira/Merida/Merida.html

Este sistema fue instalado en 2002 y ha funcionado satisfactoriamente desde entonces.

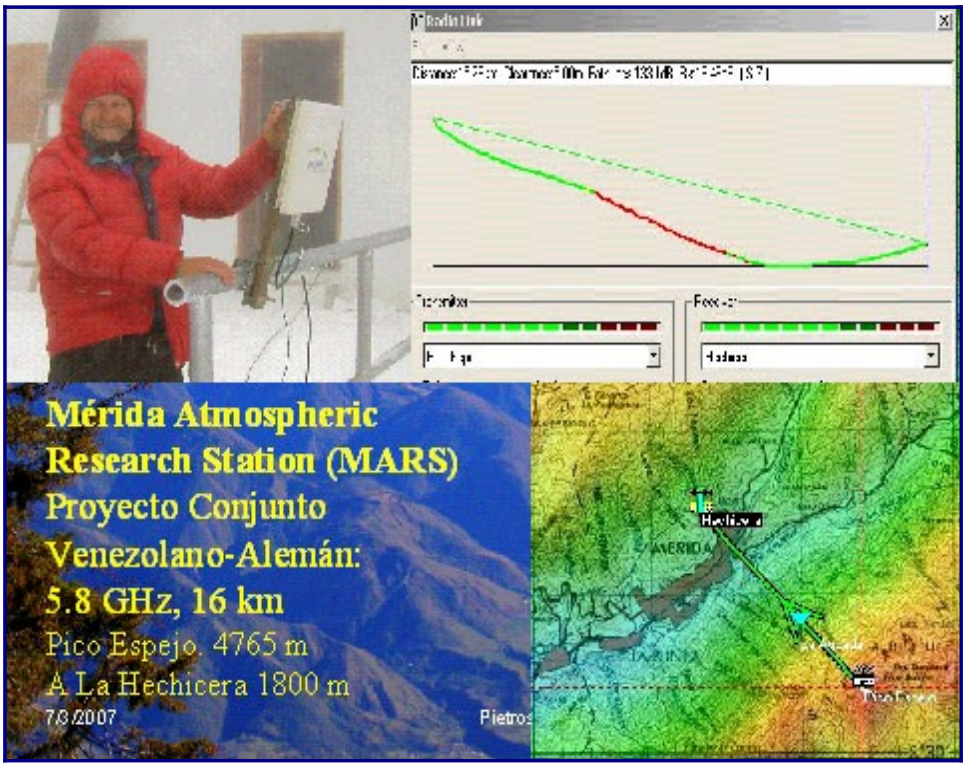


Figura 26: Detalles de un enlace a 5,8 GHz.

6. Conclusiones

Los cinco principales aspectos que debe recordar de esta unidad pueden sintetizarse en:

1) WiFi es una solución efectiva para enlaces a larga distancia si no tenemos problemas de interferencia.
2) Es imprescindible que haya línea de vista y despeje de al menos el 60% de la primera zona de Fresnel para garantizar la calidad del enlace.
3) Cuando no vemos el otro extremos debemos usar instrumentos para alinear correctamente las antenas. Los más importantes son: brújula, generador de señales y analizador de espectros. Existen versiones de bajo costo.
4) A distancias grandes es necesario modificar el tiempo de espera para los acuses de recibo o trabajar en modo *ad hoc.*
5) La modificación propuesta por el grupo TIER de la Universidad de Berkeley permite mantener el rendimiento (velocidad neta de transmisión) aún a distancias muy grandes

7. Recursos adicionales

7.1 En Línea

http://wireless.ictp.it

Toda la información sobre los cursos de redes inalámbricas que se dictan en el ICTP anualmente

http://tier.cs.berkeley.edu/wiki

La página del grupo TIER de la Universidad de Berkely. Contiene muchos artículos de interés para enlaces a larga distancia

Rethinking Wireless in the Developing World (HotNets '06)

Packet Loss Characterization in WiFi-based Long Distance Networks (Infocom '07)

WiLDNet: Design and Implentation of High Performance WiFi-based Long Distance Networks (NSDI '07)

http://www.cplus.org/rmw/english1.html

Página web de Radio Mobile, el programa gratuito que permite simular todo tipo de redes inalámbricas. Ahora hay una versión en castellano. Altamente recomendable para enlaces a larga distancia

http://www.netstumbler.com/

Programa gratuito para examinar el espectro. Funciona con la mayoría de los dispositivos WiFi, indicando la intensidad de las señales y el ruido, identificador de la red, canal, tipo de cifrado, etc.

www.ehas.org

Página del Enlace Hispanoamericano de Salud, organización que ha instalado varios enlaces de larga distancia tanto en packet radio como en WLAN en varios países de Latinoamérica. Ellos han realizado unexhaustivo análisis del mecanismo de acceso al medio de WiFi en largas distancias.

http://www.linksys.com/edu/wirelessstandards.asp

Programa de entrenamiento de Linksys sobre estándares y tecnología wireless

http://metageek.net/hardware.php

Información sobre el Wi-Spy

http://www.blackwidowav.com/bwav2401000components.html

Información sobre el video sender utilizado en este trabajo

http://metrix.net/

Buenos equipos para grandes distancias, venden el Wi-Spy sin conector

www.eslared.org.ve

Información sobre actividades de la Fundación EsLaRed

7.2 Libros y Artículos

Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo

Rob Flickenger, Editor.

Segunda Edición, Junio 2007

wndw.net

La guía en nuestro idioma que contiene material muy relevante.

Disponible gratuitamente en formato electrónico y a un precio nominal en papel

The ARRL Handbook for Radio Amateurs

Published by: The American Radio Relay League

ARRL Order No. 9760 (ISBN 0-87259-976-0)

La referencia actualizada anualmente para los radioficionados. Contiene información práctica sobre radioenlaces, antenas, torres, etc.

8. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución No-Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:´

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Unidad 17



Enlaces de Larga Distancia

Autor: ***Ermanno Pietrosemoli***

Fundación EsLaRed

Contenidos



- Introducción
- ¿Qué se necesita para un enlace de larga distancia?
- Alineación de Antenas
- La banda de 5 GHz
- Tiempos de propagación
- Conclusiones

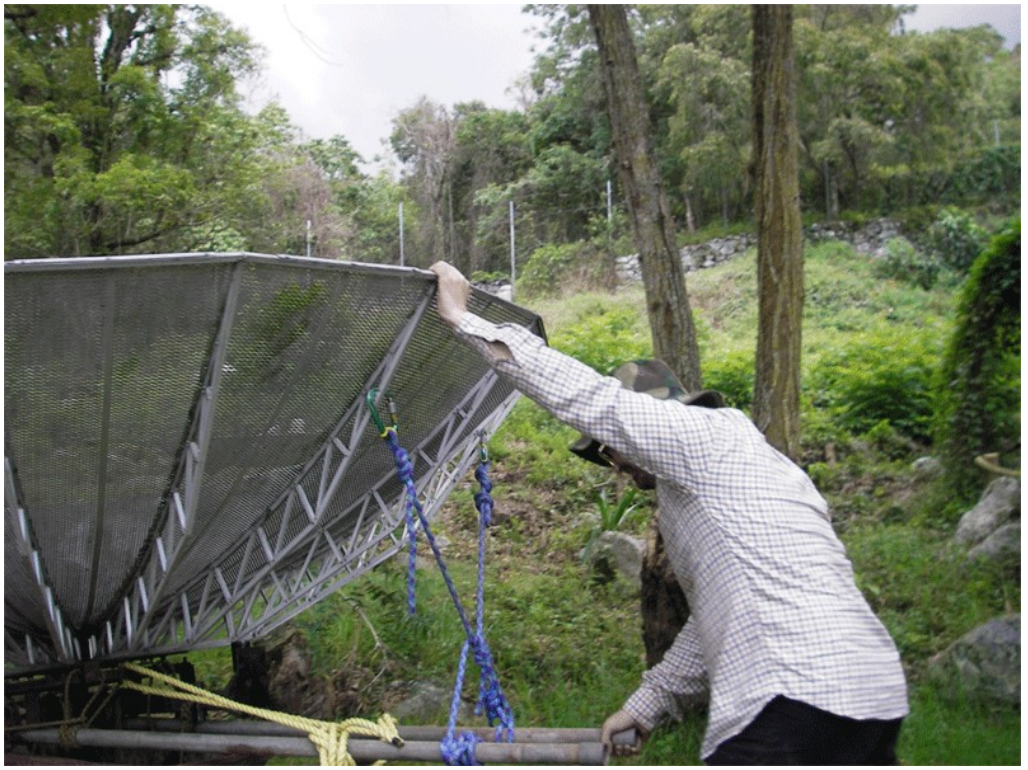
Introducción



- Tecnología WiFi
- Tecnologías inalámbricas
- Radioenlaces de microondas analógicos
- 1980 (velocidades bajas)
- 1995 (11 km)
- 2006 (279 km)
- 2007 (382 km)

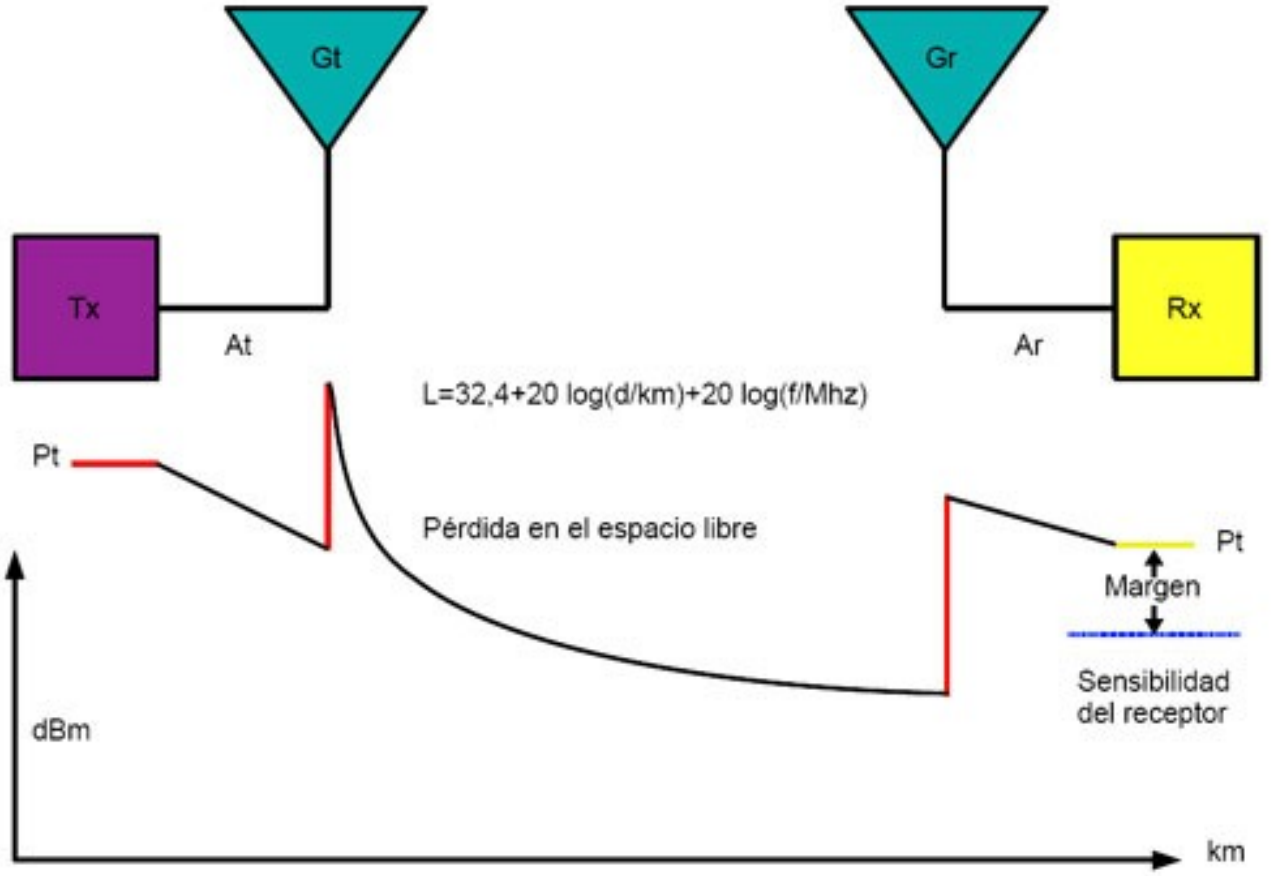
¿Qué se necesita para un enlace de larga distancia?

- Mejorar el Presupuesto de Potencia
- Modificar los parámetros afectados por el tiempo de propagación
- Modificar el método de acceso al medio



¿Cómo mejorar el presupuesto de potencia?

- Aumentar la potencia de transmisión
- Aumentar la ganancia de las antenas
- Disminuir las pérdidas en los cables de antena
- Mejorar la sensibilidad del receptor



¿Cómo mejorar el presupuesto de potencia?



- Supondremos que ya se han optimizado los otros aspectos y nos concentraremos en:
  - Aumentar la ganancia de las antenas
  - Esto implica un haz más estrecho y por ende más dedicación a las técnicas de alineación de las antenas

Alineación de antenas



Consideraciones Básicas:

- Cuando podemos ver el otro extremo del enlace
- Cuando **NO** podemos ver el otro extremo del enlace
- Kit de alineación de de bajo costo

Alineación de antenas

Para alinear las antenas se requieren dos equipos de trabajo, uno en cada extremo del enlace y dotados de algún medio de comunicación como teléfono celular o radio de dos vías.

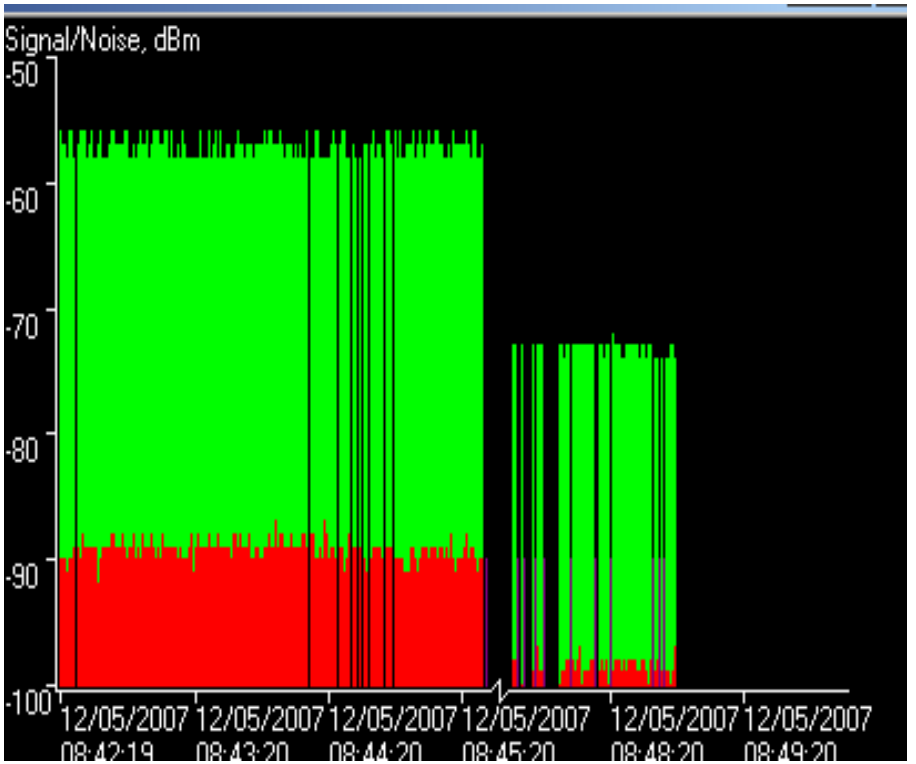




Alineación de antenas
Herramientas aconsejadas:



- Radio de dos vías o teléfono celular
- Laptop dotado de software que permita medir la intensidad de la señal recibida
- Radios WiFi que se van a utilizar en el enlace con sus cables (pigtail) y antenas



Network Stumbler es un programa que permite para medir la potencia de la señal recibida

Alineación de antenas
Herramientas aconsejadas:

- Binóculo o largavista (no indispensable)

- Inclinómetro para medir el ángulo de elevación (no indispensable)
- En caso de que la instalación se deba realizar a cierta altura, arnés y correa de seguridad para sujetarse a la torre o mástil
- Casco de seguridad, guantes y lentes oscuros



Inclinómetro

Alineación de antenas
Preparación:



- Antes de ir al campo, es imprescindible configurar los dos extremos del enlace y comprobar que se comunican exitosamente
- Probar el software que utilizaremos para medir la intensidad de la señal recibida
- Verificar que se pueden transferir archivos desde una máquina conectada en un extremo a la conectada en el otro
- Verificar que llevamos todos los conectores (comprobar el género), desviadores de rayos, cables, antenas y elementos de sujeción

Alineación de antenas

- Instalar las antenas en sus estructuras de soporte en ambos extremos
- Alinearlas visualmente y luego conectarlas a sus respectivos radios.
- Una vez que se reciba la señal en el otro extremo, optimizar la alineación rotando horizontalmente la antena transmisora lentamente mientras se mide la señal recibida



Alineación Visual

Marco Zennaro y Tomas Krag

Alineación de antenas: Procedimiento

Optimización de la alineación trabajando un extremo a la vez:

- Dejando fija la antena en el punto A, rote lentamente la antena en el punto B, primero en una dirección y luego en otra, observando la intensidad de la señal recibida. Cuando se alcance el máximo, fije la antena en B.
- Repita el procedimiento dejando ahora la antena B fija y rotando la antena A hasta obtener un máximo. Aprete la tuerca de sujeción de la antena A.
- A veces es necesario iterar el procedimiento.

Alineación de antenas

- Repetir el procedimiento con el ángulo de elevación, si las alturas de los dos puntos son muy diferentes.
- Una vez que la antena transmisora esté correctamente alineada, la dejamos fija
- Procedemos a repetir el procedimiento con la antena receptora

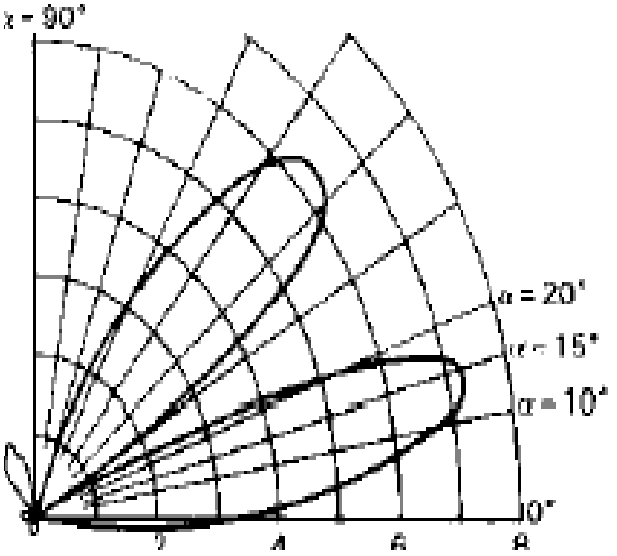


Alineación Visual

Javier Triviño

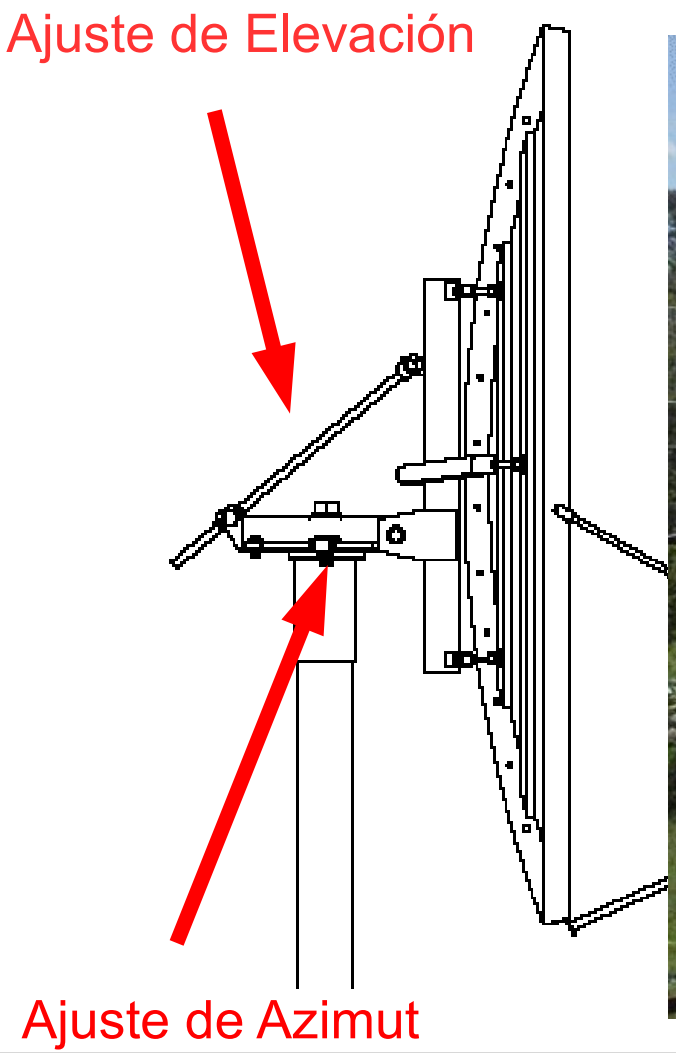
Alineación de antenas: falso máximo

- Algunas antenas tienen lóbulos laterales significativos que nos pueden inducir a error
- Para asegurarnos de que efectivamente estamos alineando con el lóbulo principal, efectuaremos un barrido muy amplio que intersecte varios lóbulos
- Cotejar también la intensidad de la señal recibida con la predicha por los cálculos



Patrón de radiación de una antena

Alineación de antenas





Alineación de antenas

Cuando NO podemos ver el otro extremo del enlace:

Además de lo anterior, necesitaremos:

- Brújula (son mejores las que marcan también el rumbo recíproco), de la mejor calidad que podamos conseguir, o un teodolito de los utilizados por topográfos



Alineación de antenas

Cuando NO podemos ver el otro extremo del enlace:

- Dispositivo GPS, altamente recomendable y no demasiado costoso hoy en día
- El software Radio Mobile descrito en la unidad de simulación de redes en exteriores o equivalente



Rumbo Magnético y Rumbo geográfico

- Recuerde que los mapas indican siempre el rumbo geográfico o verdadero, pero en el campo, para alinear la antena, tendrá que utilizar el rumbo magnético.



Declinación Magnética

El polo magnético está desplazado respecto al polo geográfico

- La declinación varía con el lugar y con el tiempo
- Los GPS indican tanto el rumbo magnético como el rumbo geográfico
- La declinación se puede obtener de la página:

http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/jsp/Declination.jsp

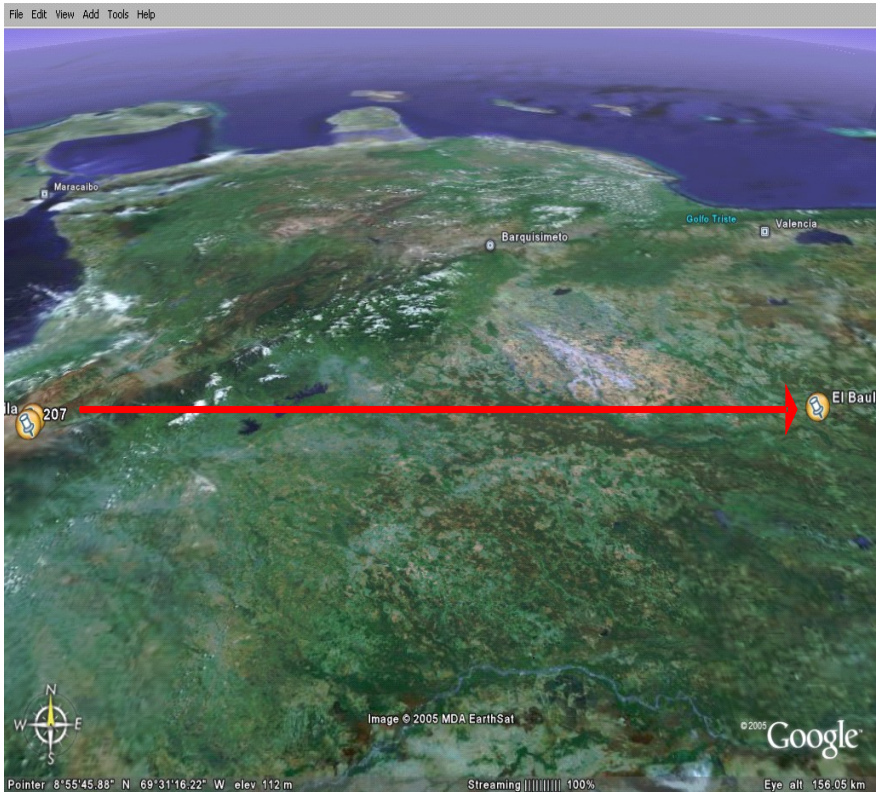


Brújula y Mojón de cartografía nacional El Baúl, Venezuela

Alineación de antenas

Cuando NO podemos ver el otro extremo del enlace:

- Los mejores mapas que podamos conseguir de la zona, preferiblemente con elevaciones o curvas de nivel
- El programa Google Earth nos permite calcular el rumbo entre los extremos y ver muchos detalles topográficos



Mapa de Google Earth www.google.com

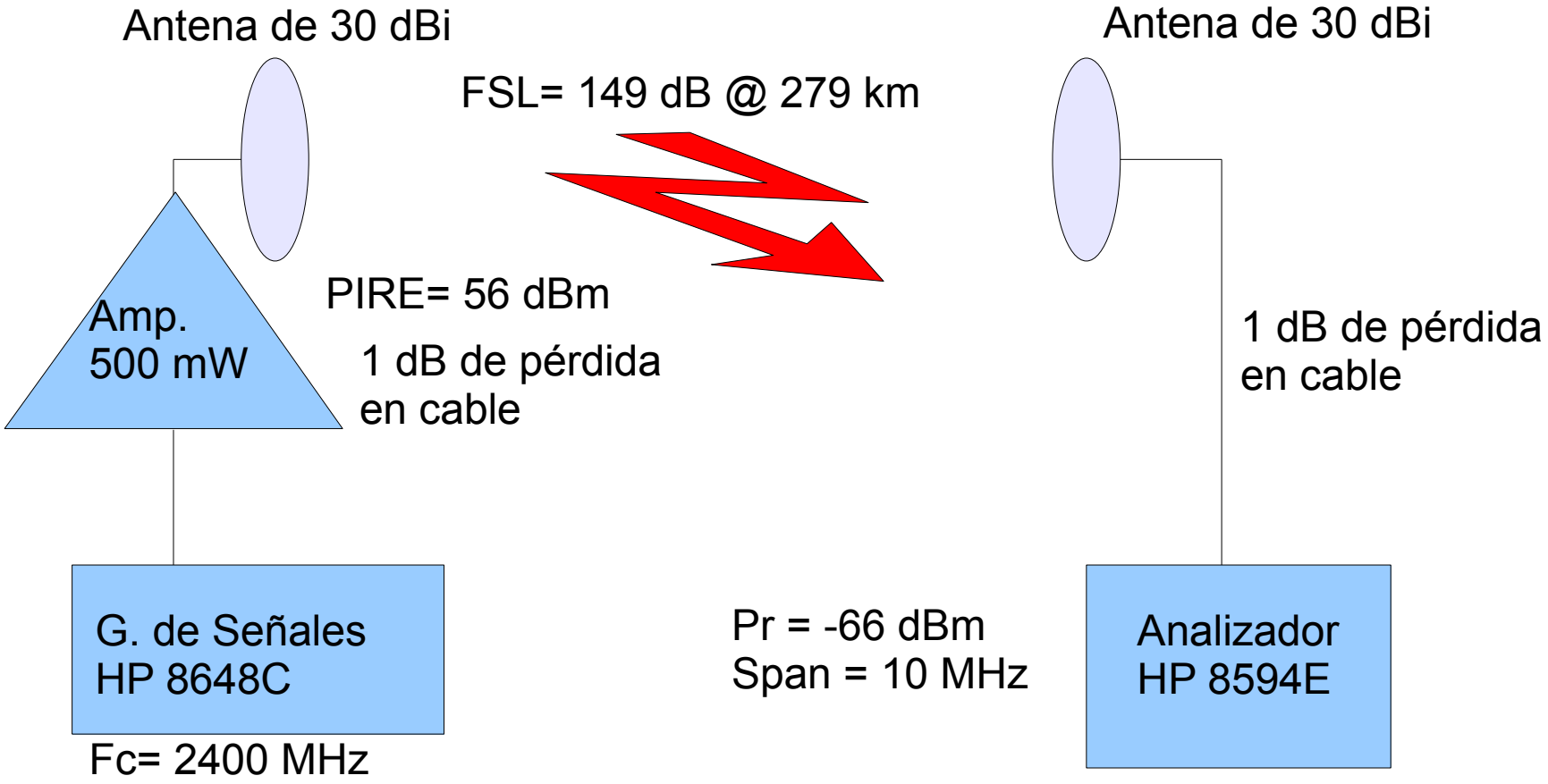
Alineación de antenas

Un cordel de varios metros para estimar mejor la dirección a la que apunta la antena, ayuda a determinar la alineación y a alejar la brújula de objetos ferromagnéticos que puedan alterar su lectura.



Alineación de antenas

Cuando NO podemos ver el otro extremo del enlace:

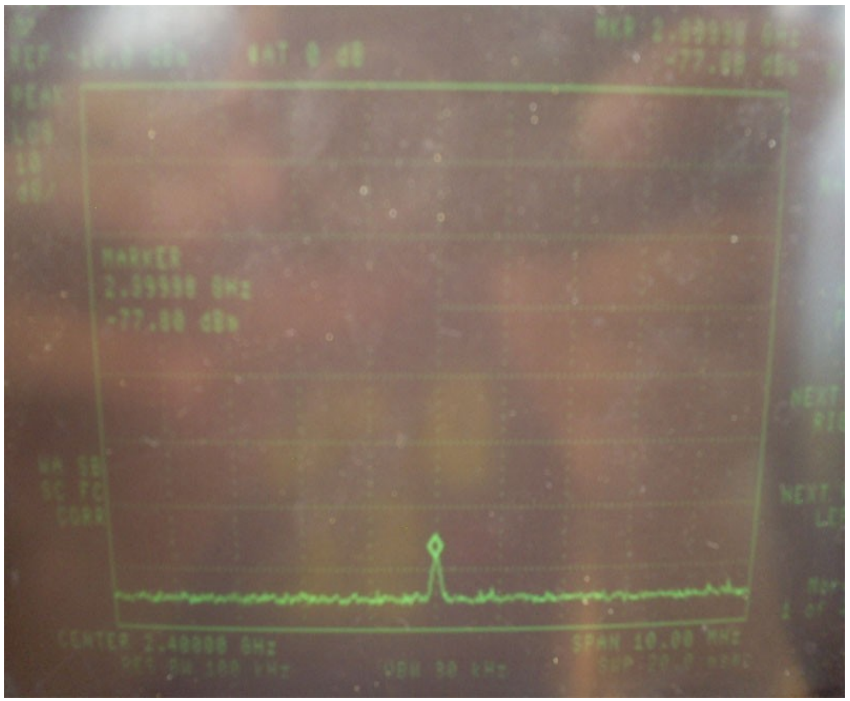


Utilización de instrumentos para alinear las antenas

Alineación de antenas

Cuando NO podemos ver el otro extremo del enlace:

Utilizar un generador de señales en un extremo y un analizador de espectros en el otro. El generador de señales produce un tono dentro de la banda de interés que será detectado por el analizador de espectros en el otro extremo. Se alinean las antenas hasta maximizar la señal recibida.



Tono recibido a 382 km

Alineación de antenas: Analizador de bajo costo

WiSpy al rescate:

- Dispositivo USB de bajo costo
- Carlo Fonda del ICTP le soldó un “pigtail” lo que permite conectarlo a una antena externa y emular un analizador de espectro



Alineación de antenas

Google Ayuda: Transmisores analógicos de video que trabajan en la banda de 2,4 GHz

- Video sender:
  - Trabaja en la banda de 2,4 GHz,
  - Permite seleccionar 8 frecuencias distintas
  - Tiene una potencia de salida de 1 W

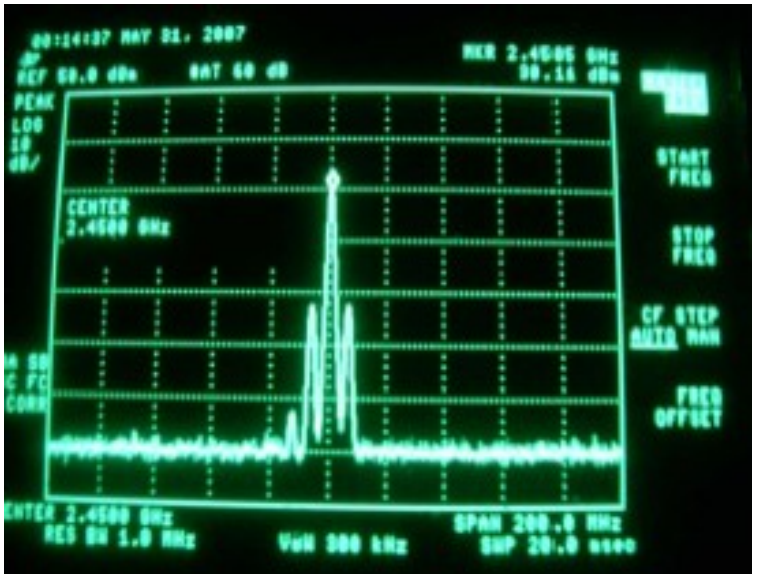


Video sender y generador de señales

Alineación de antenas

Generador de señales económico

- Intensidad de la señal generada por el video sender, 30,11 dBm a la frecuencia de 2450 Mhz.
- Las dos bandas laterales están 22 dB por debajo de la portadora por lo que no afectan el proceso de alineación



Analizador de espectros

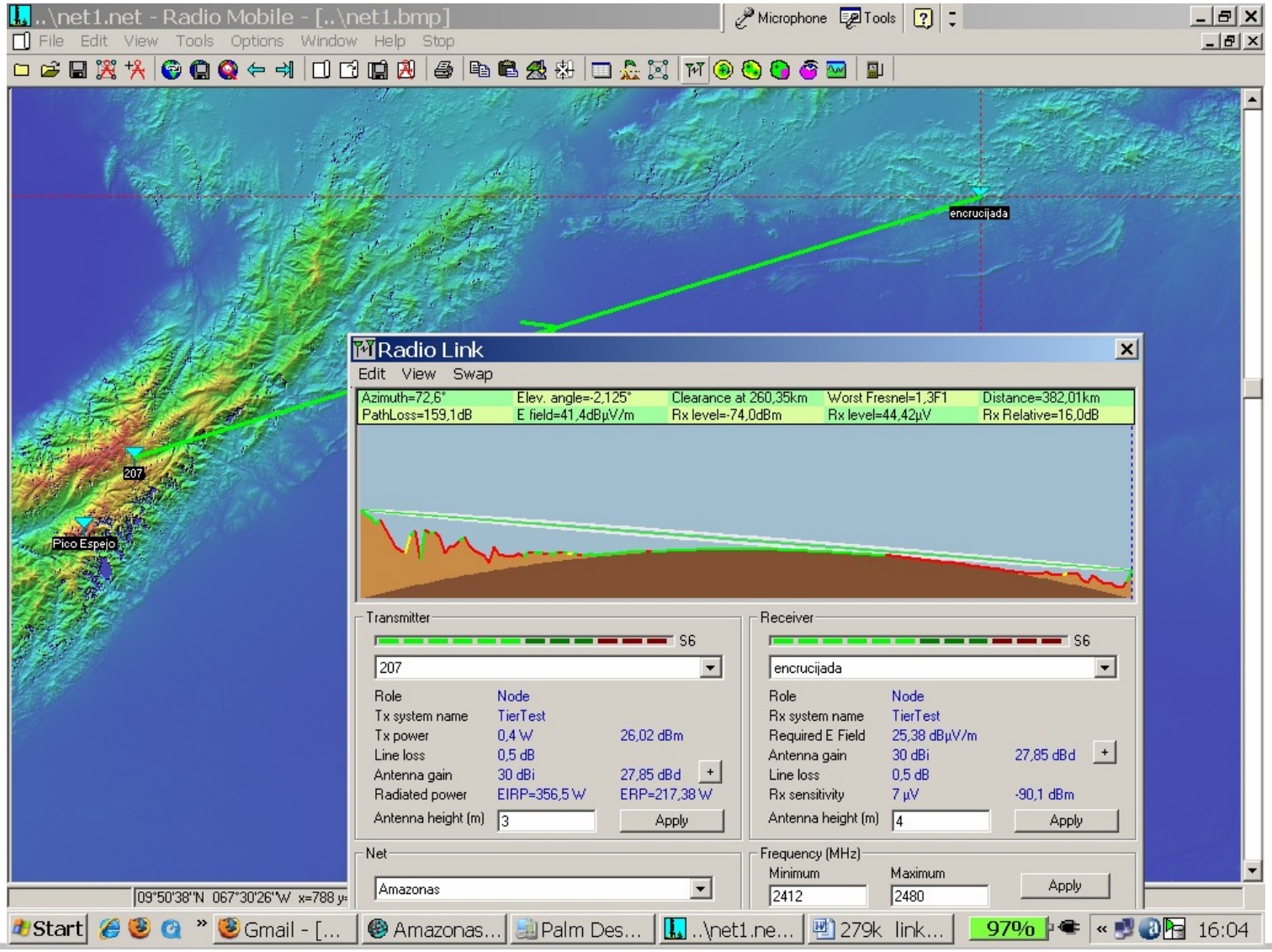
Mecanismo de Acceso al Medio



Tiempos de propagación

- Usar el modo *ad hoc*, en el cual no se espera ACK
- Aumentar el tiempo de espera por el ACK
- Modificar el mecanismo de acceso al medio, instruyendo al transmisor que no espera un ACK.

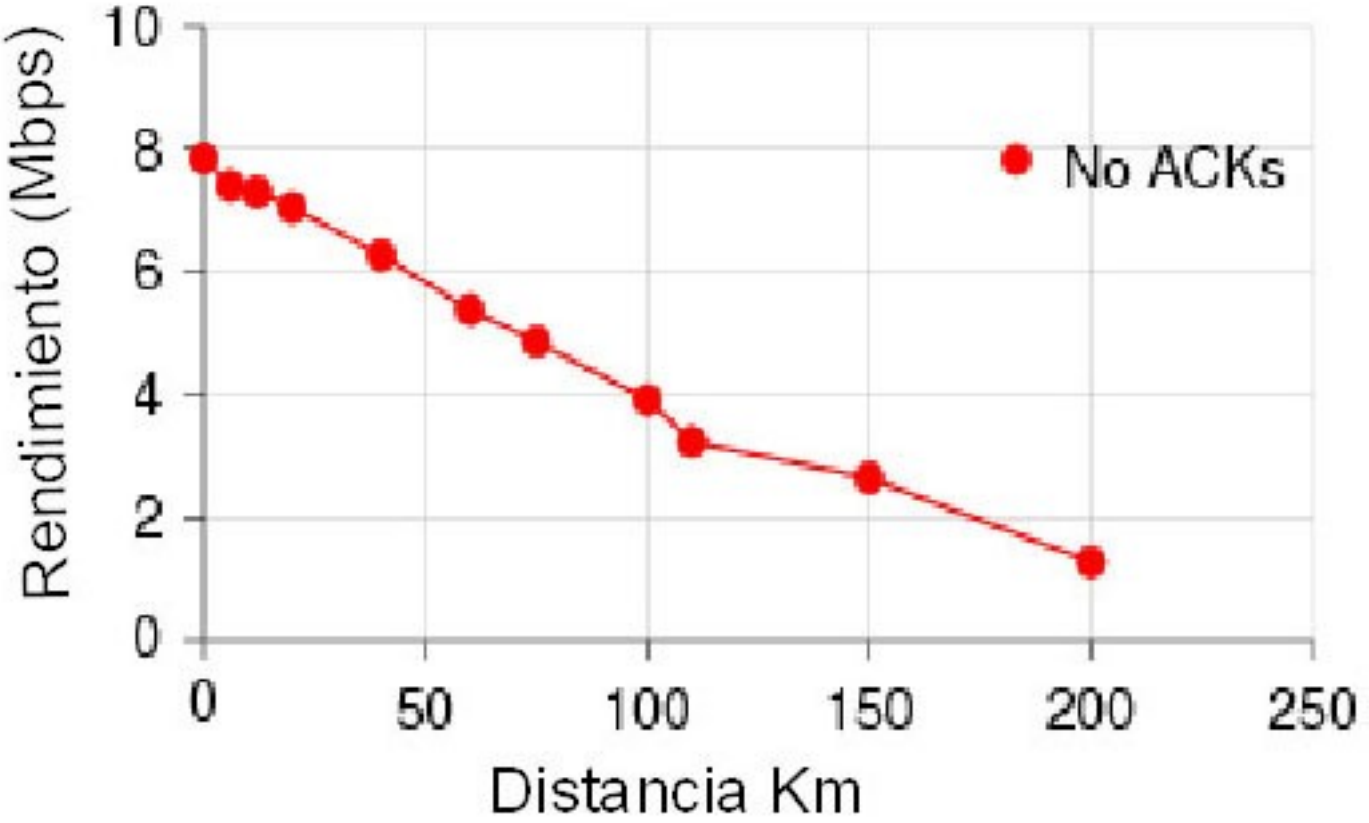
Alineación de antenas:
Software para alinear antenas



Mecanismo de Acceso al Medio

Tiempos de propagación – Grupo TIER

- Disminuición del rendimiento con la distancia en enlaces WiFi

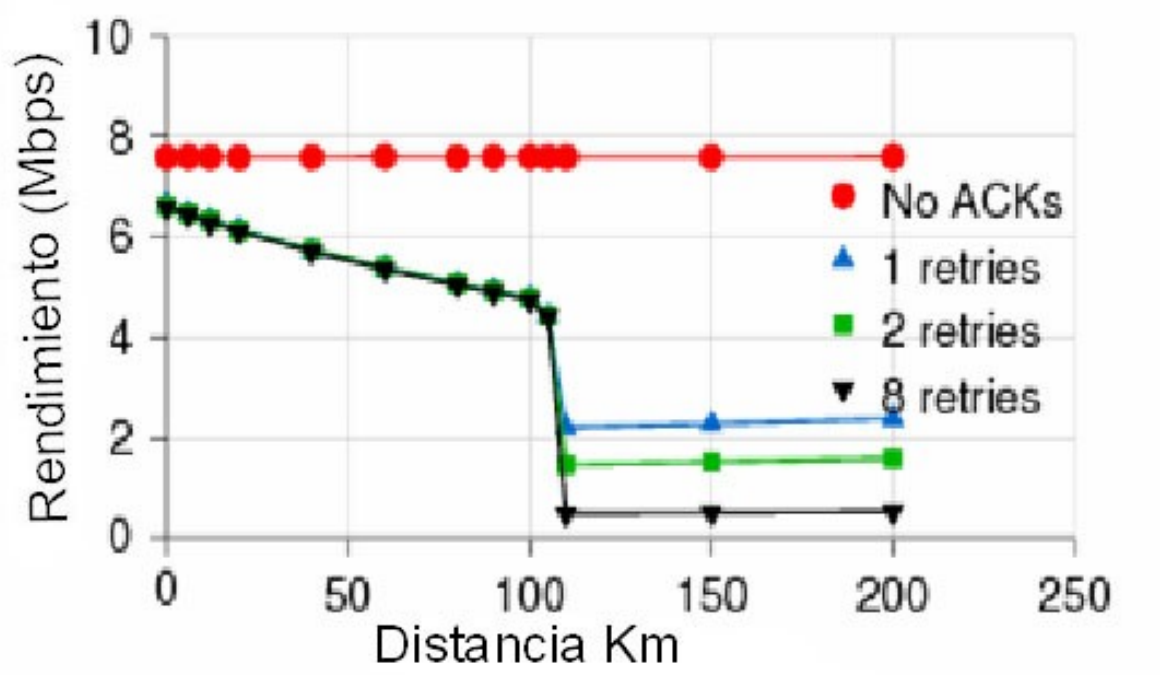


Fuente: WiLDNet: High performance WiFi-based Long Distance (WiLD) Networks, Sonesh SuranaTIER, UC Berkeley , 2007.Community Wireless Summit , May 18, 2007 , Loyola College, Columbia, MD

Mecanismo de Acceso al Medio

Tiempos de propagación

Rendimiento en función de la distancia para un enlace WiFi punto a punto. Nótese que al eliminar las esperas por los ACK el rendimiento es independiente de la distancia (curva superior)



Mecanismo de Acceso al Medio



Tiempos de propagación

Los cambios propuestos por el grupo TIER incluyen:

- Modificaciones al driver 'madwifi' para Atheros con la finalidad de desactivar los ACK y el mecanismo de detección de portadora.
- Implementación de un nuevo mecanismo de enrutamiento tanto en el kernel como a nivel de usuario, para crear interfaces virtuales y capturar paquetes.

Mecanismo de Acceso al Medio



Tiempos de propagación

Los cambios propuestos por el grupo TIER incluyen:

- Utilizar un mecanismo de ventana deslizante para confirmar la recepción de grupos de paquetes en lugar de esperar un ACK por cada paquete transmitido.
- Implementar TDMA, esencialmente introduciendo un nuevo mecanismo de sincronización.

Mecanismo de Acceso al Medio



Tiempos de propagación

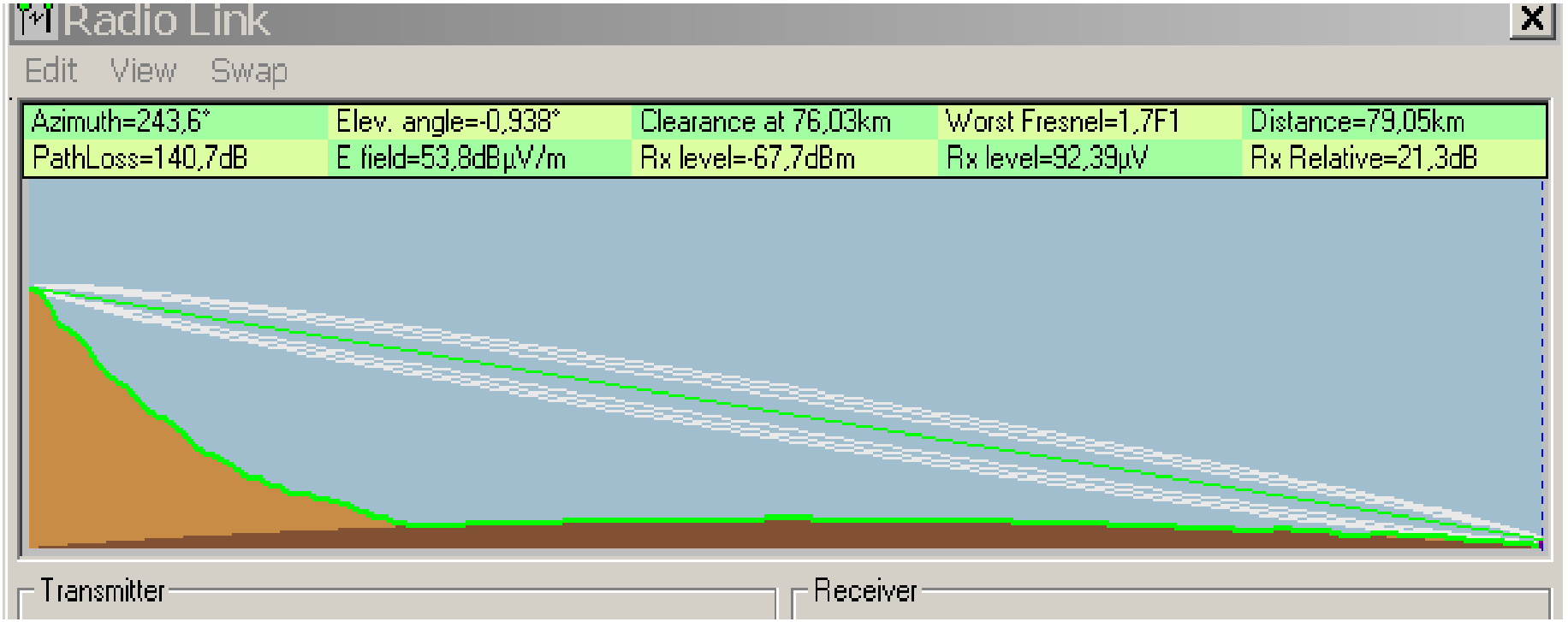
Los cambios propuestos por el grupo TIER incluyen:

- Instrumentar un sistema selectivo de recuperación de pérdidas usando FEC -Forward Error Correction- para minimizar los errores de transmisión

Nosotros pudimos comprobar la efectividad de este enfoque en enlaces de 40, 78 y 279 km, en los cuales pudimos corroborar experimentalmente el rendimiento esperado.

Enlace de 279 km

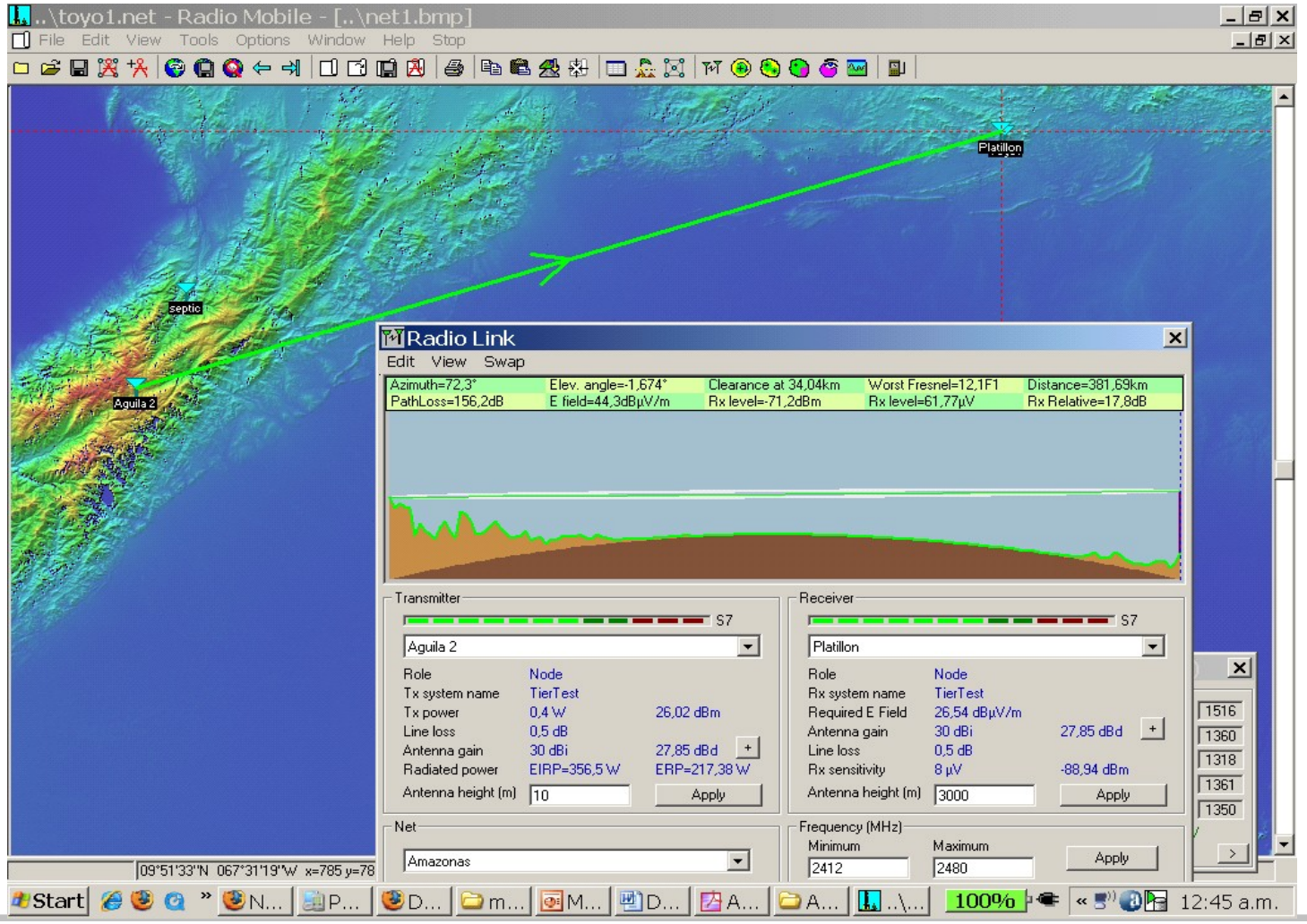
Diagrama de perfil de un enlace de 79 km. El rendimiento con radios a los que se les practicó la modificación TIER fue el esperado.



Alineación de antenas

Tiempos de propagación

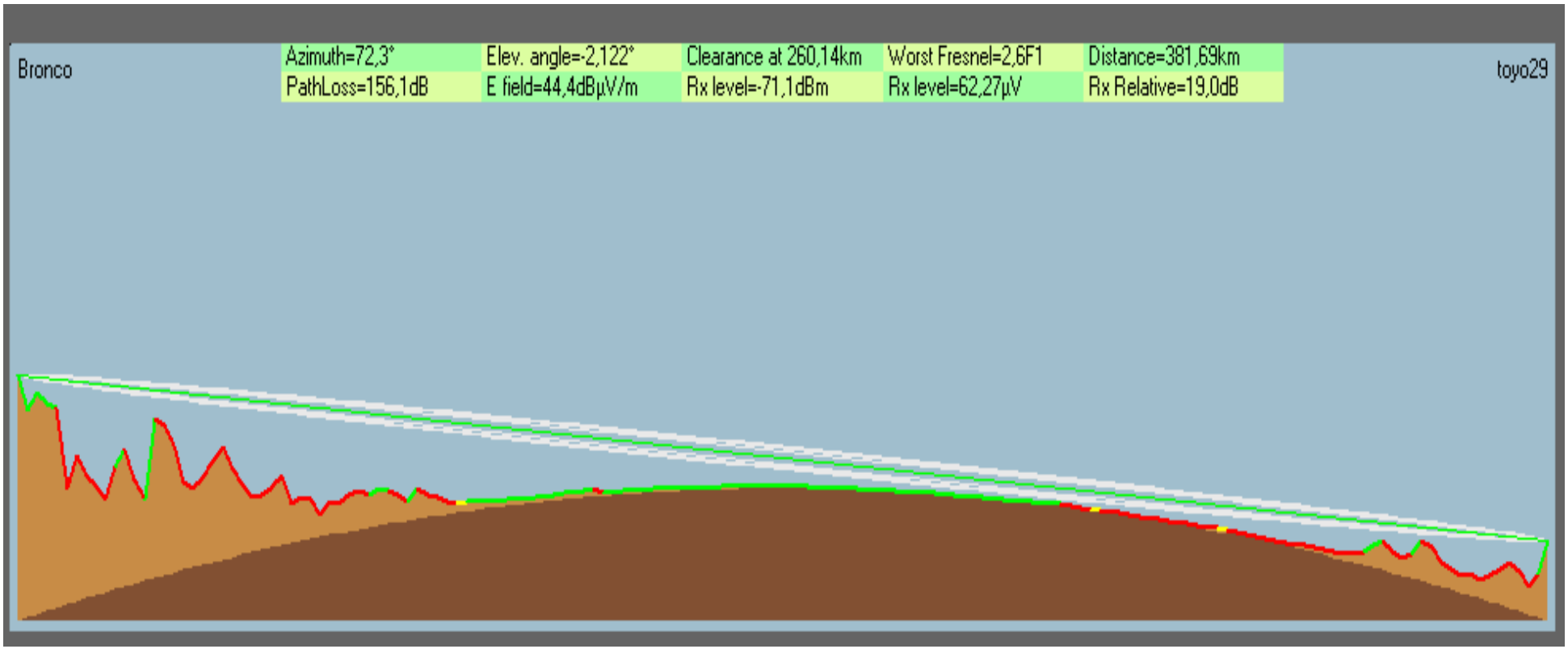
Perfil del enlace de 280 km.
El tiempo de propagación ida y vuelta es de 2 ms.



Alineación de antenas

Tiempos de propagación

Perfil del enlace de 382 km



La banda de 5 GHz



- Haga simulaciones con el Radio Mobile para comparar los resultados en ambas bandas.
- Los factores a considerar son:
- En el pasado era difícil conseguir dispositivos 802.11a con conectores para antena externa.Hoy en día ya se consiguen de varios fabricantes.

La banda de 5 GHz



Los efectos a considerar son:

- Las pérdidas en el espacio libre son unos 6 dB mayores en la banda de 5 GHz respecto a la banda de 2,4 GHz. Sin embargo, para la misma dimensión, una antena a 5 tendrá 6 dB más de ganancia que una a 2,4 GHz. Si sustituye las antena en ambos extremos obtendrá un incremento neto de 6 dB en el presupuesto del enlace.

La banda de 5 GHz



Los efectos a considerar son:

- El tamaño de la zona de Fresnel es menor a 5 GHz por lo que podrá usar mástiles más bajos sobre la misma trayectoria.
- Las pérdidas en los cables de antena son mayores a 5 GHz. Manténgalos lo más corto posible. La absorción en árboles y la debida a la lluvia también es mayor en esta banda.

La banda de 5 GHz



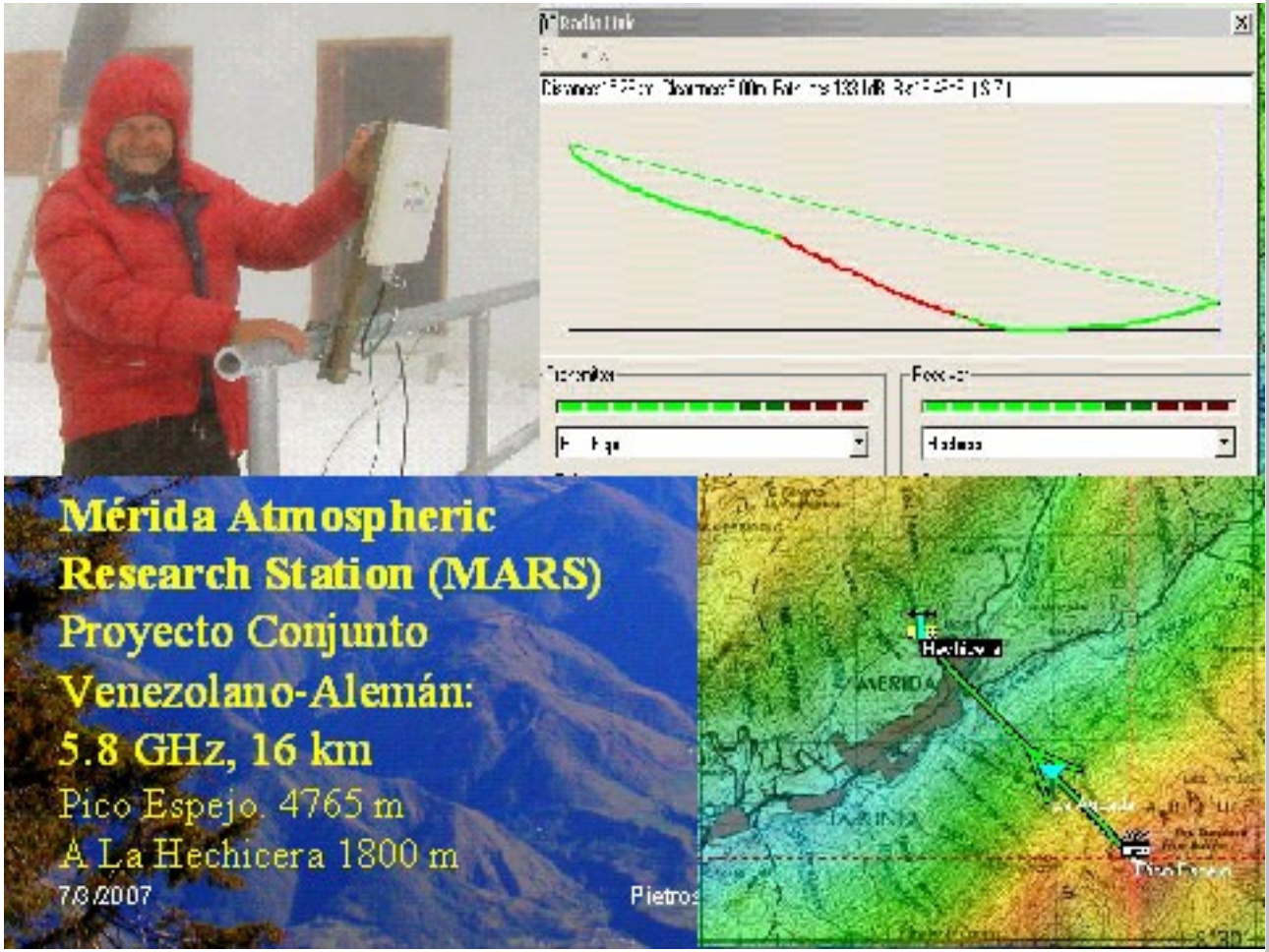
Los efectos a considerar son:

- No conozco ningún dispositivo económico que permita medir el espectro a 5 GHz.

Si alguien conoce alguno, por favor hagámelo saber

La banda de 5 GHz

Enlace a la frecuencia de 5,8 GHz. Aunque la distancia es sólo de 16 kilómetros, uno de los extremos está a 4765 m de altura y está conectado a una cámara que transmite imágenes del Pico Bolívar, de 5000m de altura.



http://www.eslared.org.ve

Conclusiones



Los cinco principales aspectos que debe recordar de esta unidad pueden sintetizarse en:

- WiFi es una solución efectiva para enlaces a larga distancia si no tenemos problemas de interferencia.
- Es imprescindible que haya línea de vista y despeje de al menos el 60% de la primera zona de Fresnel para garantizar la calidad del enlace.
- Cuando no vemos el otro extremos debemos usar instrumentos para alinear correctamente las antenas. Los más importantes son: brújula, generador de señales y analizador de espectros. Existen versiones de bajo costo.

Conclusiones



Los cinco principales aspectos que debe recordar de esta unidad pueden sintetizarse en:

- A distancias grandes es necesario modificar el tiempo de espera para los acuses de recibo o trabajar en modo *ad hoc.*
- La modificación propuesta por el grupo TIER de la Universidad de Berkeley permite mantener el rendimiento (velocidad neta de transmisión) aun a distancias muy grandes

Unidad 18: **Comunidad, TIC y Género**

Autor: *Programa de Apoyo a Redes de Mujeres (PARM LAC de APC)*

Tabla de contenido

1. Sobre este documento..... 2
1.1Información sobre propiedad intelectual..... 2
1.2 Grados de dificultad..... 2
1.3 Información sobre los iconos..... 2
2. Introducción..... 2
3. Por la inclusión en la sociedad de la información y del conocimiento..... 5
4. Ejercicio 1: ¿Qué lugar ocupan las TIC en la vida de las comunidades?..... 6
5. ¿Qué aportan las tecnologías de la información y la comunicación al desarrollo de las comunidades? 6
6. Por la igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y del conocimiento 12
6.1 Ejercicio 2:¿Qué es sexo y qué es género?..... 15
6.2 Ejercicio 3:¿Existen los roles de género?..... 16
6.3Ejercicio 4: Analizando nuestra relación con las TIC con perspectiva de género..... 18
7. Conclusiones..... 19
8. Bibliografía 20
9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 21

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue desarrollado originalmente en castellano para el proyecto TRICALCAR. Esta unidad es de autoría del Programa de Apoyo a Redes de Mujeres (PARM LAC de APC) con el apoyo del Proyecto Monitor de Políticas TIC en LAC y otras organizaciones miembros de APC en América Latina y el Caribe[1].

1.1Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Relataba un periodista peruano que cuando una de las comunidades campesinas desplazada por la guerra interna en la zona de Ayacucho retornó a su pueblo de origen, decidió celebrar una asamblea para debatir la manera en que organizaría su nueva vida en la región luego de varios años de ausencia. Una de las primeras medidas que decidió tomar esta asamblea, dado que la zona contaba ahora con energía eléctrica, fue procurar una antena satelital para la comunidad. La comunidad ya no quería quedar fuera de los circuitos de información y de comunicación. Sentía que para poder trabajar en su propio desarrollo económico, político, social y cultural, el acceso a la información y a la

1. Esta unidad es el resultado de un trabajo colaborativo a través de una lista de correo abierta para este fin. La redacción principal estuvo a cargo de Dafne Plou (Coordinadora PARM LAC). Colaboraron en la concepción y construcción de esta guía, con el apoyo de sus organizaciones: Valeria Betancourt (Monitor de Políticas Tic en LAC), Lilian Chamorro y Olga Paz (Colnodo), Erika Smith (LaNeta), Cris Ojeda (Nodo TAU).

comunicación se constituía en un factor primordial que abriría las puertas a nuevos intercambios y conocimientos, a nuevas maneras de inserción en el mundo y en el mercado, y permitiría hacer visibles y audibles las experiencias, esfuerzos y saberes de la comunidad local.

Los avances logrados en los años recientes por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han abierto posibilidades importantes para hacer visibles los aportes de las comunidades y sus organizaciones sociales, como así también para el ejercicio por parte de ellas del derecho a la comunicación como un derecho humano inalienable, que requiere de la pluralidad de fuentes de información y de medios de comunicación y de una gestión democrática y transparente de las políticas de comunicación.

Estos avances tecnológicos han facilitado la creación de una red global de comunicaciones que trasciende las fronteras nacionales e influye en las políticas estatales, las actitudes privadas y el comportamiento individual y colectivo.



Es interesante considerar que:

- Los medios de comunicación, incluyendo a Internet, se han convertido en los centros de expresión y en los canales de la conversación colectiva que se mantiene actualmente en nuestra sociedad.
- Es en estos espacios donde se genera y transmite la información a la cual asigna importancia la sociedad.
- En ellos también se formulan, se fortalecen y se alimentan los movimientos de opinión pública, que en la actualidad están reemplazando a los movimientos políticos.
- Los cambios que producen las TIC no sólo se ven en los ámbitos económicos, sociales y culturales sino que una parte fundamental se observa en los modos en los que las personas de vincularse y relacionarse en la sociedad, como también en el surgimiento de nuevas construcciones de subjetividades.

Por este motivo, existe la necesidad de que los medios representen apropiadamente el pluralismo de imágenes y de discursos que se generan en la sociedad, incluyendo el de las comunidades y sus organizaciones sociales porque ellas también deben ejercer su derecho a participar en esta conversación pública.

Otra característica de estos avances es que los medios masivos de comunicación e información, además de mantener su carácter de servicio público, han llegado a ocupar espacios que antes ocupaban instituciones sociales como la iglesia, la escuela y hasta la propia familia.

Piensen que:



- Los medios, y sobre todo la televisión, tienen una gran influencia en la conformación de conductas, actitudes y modos de ver la realidad.
- Su papel en la construcción de la democracia y en el desarrollo de la ciudadanía cobra importancia, por lo cual se hace fundamental la necesidad de que en sus contenidos haya pluralidad y diversidad de voces, de imágenes y de palabras, respetando los principios de equidad de género, etnia, raza, cultura y condición social.

Aquellas personas que trabajan en los aspectos técnicos de los servicios y redes para comunicaciones, no deben permanecer ajenas a esta realidad. La comprensión del impacto de los servicios que se están brindando y de las redes implantadas permitirá ejecutar proyectos viables y sostenibles dentro de una comunidad.

Para ello recuerden que:



- Es clave contar con el apoyo de quienes se benefician de la tecnología, hablar con estas personas, conocer sus necesidades, sus expectativas y,
- Procurar que haya un entendimiento claro de la utilidad de la tecnología, de manera que se asegure el mayor aprovechamiento de los recursos y la satisfacción de las necesidades de la población.

No olviden que la tecnología es una herramienta y como tal debe tener una utilidad clara que permita aprovechar de manera práctica el conocimiento científico. Simplemente no será posible aprovechar las ventajas de esta herramienta si no se conocen sus beneficios, posibilidades e incidencia. En este capítulo se plantean temas que buscan darle una visión general de la incidencia de las “Tecnologías de Información y Comunicación”, TIC, en la sociedad actual y cómo a través de ellas se puede disminuir o aumentar la brecha digital. Se identificará cómo la inclusión de nuevas tecnologías ha generado procesos de desarrollo y se brindarán algunos ejemplos concretos de diferentes aspectos técnicos y políticos que se deberían tener en cuenta para lograr condiciones favorables para el acceso a la tecnología.

Finalmente, se abordará el concepto de género y se pondrá en evidencia cómo, con base en este, la sociedad ha definido y asignado roles concretos, incluso en el ámbito tecnológico, desneutralizando su esencia. Se destaca la importancia del uso de la perspectiva de género y sus implicaciones en el análisis de las relaciones en el interior de las comunidades y de las comunidades con las TIC, para impulsar la equidad e igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres y entre todos los miembros de la comunidad.

3. Por la inclusión en la sociedad de la información y del conocimiento

Con la convergencia de las TIC y el surgimiento de la llamada sociedad de la 'información' o 'del conocimiento', el conocimiento y la información se han convertido en un factor determinante de nuestra vida económica, social y cultural. Por lo tanto, los medios de control de la producción y difusión de la información, así como el acceso a la infraestructura de TIC, también se han tornado vitales.

Los cambios sociales, políticos y económicos producidos por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación han originado cambios en el pensamiento sobre el desarrollo. En pocos años, Internet se ha convertido en un medio de comunicación poderoso en el que no sólo están presentes los contenidos de los medios tradicionales, sino que ha dado lugar al nacimiento de nuevos medios y redes de comunicación para las organizaciones sociales y comunitarias, en los que se expresan voces alternativas y muchas veces silenciadas por los grandes conglomerados de la comunicación y por la prensa oficial. Los estrategas del desarrollo ven ahora la necesidad de que los países en vías de desarrollo utilicen las TIC como una forma de evitar una marginación mayor y también como una fuerza potencial para generar nuevas oportunidades de crecimiento económico y expandir los alcances de la democracia.

Todavía el acceso a las TIC está demarcado por las líneas divisorias tradicionales, lo que resulta en una desigualdad de acceso conocida como "división digital" o "exclusión digital". Esta división se caracteriza por un alto nivel de acceso a las tecnologías, incluida la Internet, en determinados países desarrollados, mientras que en países en vías de desarrollo el acceso se ve limitado debido a que la infraestructura es limitada por falta de inversiones y de recursos, costos de conexión inaccesibles para el general de la población, analfabetismo y bajos niveles de educación como también falta de capacitación de la población en el acceso, uso y creación de TIC debido a una visión cerrada de la tecnología que impide o soslaya su inserción en el sistema educativo y comunicacional con carácter universal y una apropiación democratizadora por parte de la población, profundizando la exclusión.

El modelo también se repite dentro de los propios países, generando brechas que marginan a determinada población del acceso a las TIC por factores geográficos, étnicos, culturales, económicos y sociales. Numerosas personas, comunidades y organizaciones sociales en el mundo en vías de desarrollo continúan siendo marginadas lo que resulta en su exclusión del sistema global emergente construido en torno de la información y el conocimiento.

El fortalecimiento de la democracia depende de una recuperación de la esfera pública y de una activa participación ciudadana en la definición e implementación de políticas públicas que permitan que los conocimientos sean efectivamente accesibles para todos las ciudadanas y ciudadanos y contrarresten de manera adecuada los factores sociales, políticos, culturales y económicos que dificultan su acceso. Es imprescindible que los estados y la sociedad civil promuevan mecanismos y herramientas eficaces

y eficientes que posibiliten la participación activa e informada en el diseño de políticas y medidas con el fin de posicionar sus prioridades respecto al acceso y uso de las TIC en la agenda pública.

Las estrategias y planes de acción para la sociedad de la información deben concebir a las TIC más allá de las telecomunicaciones e Internet y reconocer su potencial como instrumentos que coadyuvan al desarrollo humano. El uso y aplicación de las TIC sólo tendrá impacto positivo en las comunidades y para las organizaciones sociales si se cuestionan y superan las desigualdades existentes en la distribución de los bienes y riquezas y el acceso a los recursos, incluyendo los comprendidos en los sistemas de información y comunicación.

4. Ejercicio 1: ¿Qué lugar ocupan las TIC en la vida de las comunidades?



Trabajar en pequeños grupos o en plenario (depende del número de participantes) las siguientes preguntas:

1. ¿Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación están influyendo en la vida de las comunidades? ¿De qué manera? *Considerar el tipo de influencia en la vida personal, la vida social y la vida de la comunidad y de las organizaciones*. *Armar un listado de modalidades, situaciones y cambios sustanciales en la vida de la comunidad.*

2. ¿De qué manera los medios de comunicación (incluyendo Internet) influyen en la imagen que la sociedad tiene de las comunidades y de las organizaciones sociales? ¿Qué imágenes construimos? ¿Qué alternativas podemos brindar a estas imágenes teniendo en cuenta la igualdad de oportunidades y la equidad, los derechos ciudadanos, la inclusión social?

Compartir experiencias y opiniones, analizar y acordar recomendaciones para lograr una apropiación de las TIC por parte de las comunidades y de sus organizaciones con el fin de trabajar por la igualdad de oportunidades y la equidad en el ejercicio del derecho a la comunicación y fortalecer el desarrollo de la comunidad utilizando las TIC.

5. ¿Qué aportan las tecnologías de la información y la comunicación al desarrollo de las comunidades?

A fines de los 80 y comienzos de los 90 nuevas iniciativas en el campo de la comunicación irrumpieron en la sociedad latinoamericana: miles de pequeñas radios comunitarias dieron origen a un movimiento

que en pocos años se extendería por toda la región dando lugar a cambios sustanciales en la programación y los formatos radiales también en la radiodifusión comercial. El abaratamiento de los equipos de transmisión como también la fuerza democratizadora de los movimientos sociales dieron impulso a este movimiento posibilitando el acceso de los sectores barriales y populares a nuevas herramientas de comunicación que favorecieron el desarrollo local y la inserción de las demandas e intereses de las comunidades en la agenda pública.

Las radios comunitarias se convirtieron en espacios desde donde se alentó la organización barrial y el trabajo en función de los intereses de la población local. Crearon un ámbito donde debatir públicamente sobre los derechos de la población, intercambiar opiniones sobre las prioridades de la comunidad, y desde ellas se interpeló a las autoridades, que dejaron de mostrarse distantes e inalcanzables y debieron comenzar a responder a la requisitoria periodística ante todo el pueblo como audiencia.

En pocos años, las radios comunitarias adoptaron las tecnologías de la información y la comunicación para su trabajo diario y para comunicarse con su público y las redes de radios similares, a través del uso de computadoras, el intercambio de archivos de audio y música, el correo electrónico, las agencias de información que transmiten por Internet, los sitios web con audio de programas radiales y la interconexión satelital. De esta manera aumentaron su fuerza y su presencia como medios de comunicación y también su inserción local.

Hacia fines de la década del 90 comenzó a surgir en América Latina y Caribe un nuevo movimiento, esta vez ligado directamente a la apropiación barrial y comunitaria de las TIC a partir de los telecentros comunitarios. Algunos de estos telecentros comenzaron su tarea ligados a una radio comunitaria o a alguna entidad de bien público, como las bibliotecas populares y los centros educativos o de salud. Otros surgieron como proyectos independientes, fruto del esfuerzo de grupos u organizaciones sociales, cuyo objetivo principal fue el de fomentar un uso estratégico de las TIC, para propiciar la participación ciudadana en la discusión de proyectos comunitarios y de políticas públicas locales y para alentar el trabajo en red de distintas organizaciones sociales con fines similares en una región y su interconexión con un movimiento mayor de nivel nacional e internacional.

La tarea desempeñada hasta el momento está siendo evaluada, pero se encuentran obstáculos para integrar exitosamente a las poblaciones de menores ingresos y en zonas económicamente desfavorecidas porque no llegan a ellas las inversiones en materia de infraestructura y servicios de TIC, por la preponderancia de las políticas de mercado que soslayan las regiones que no resultan rentables. Los fondos de desarrollo de telecomunicaciones son aún mecanismos en evolución en la mayoría de los países y han dado muestras de no estar en capacidad de afrontar la dimensión del problema a través de soluciones adecuadas. El hecho de que en la actualidad la penetración de la telefonía móvil sea alta, no significa que exista acceso real a las TIC y sus servicios integrales, aunque sí es una oportunidad a explorar. Existen algunas experiencias relativamente exitosas que han tratado

de incentivar la demanda de servicios TIC mediante la instalación de telecentros y cibercafés, pero los resultados a la fecha no son consistentes y principalmente no han considerado ni incorporado las necesidades de desarrollo de los diversos grupos sociales ni de sus las comunidades.

Si bien en los barrios y comunidades ya existen redes sociales, que vinculan a las organizaciones y los grupos, la introducción de las TIC en su tarea abre la perspectiva de hacer un uso diferenciado de estas herramientas con el fin de hacer visible a la comunidad en Internet, su vida cotidiana y sus esfuerzos, como también sus proyectos y necesidades. Además, las TIC posibilitan el acceso a la información, sobre todo de los gobiernos, y al conocimiento, a partir del acceso a documentos temáticos, bases de datos, buscadores de información, imágenes y audio, ofreciendo amplias posibilidades a las organizaciones para planificar acciones y proyectos y tomar decisiones informadas.

Cuando se habla de tecnologías de la información y la comunicación para el desarrollo se está pensando justamente en este uso diferenciado de las TIC que resulta en un uso estratégico, y no de mero entretenimiento, porque tiene estos objetivos primordiales:

- Acercar las TIC a las organizaciones, para que sean un instrumento de información y de comunicación, como también para la generación de conocimientos
- Democratizar el conocimiento que tenemos de ellas para que la gente se apropie de estas tecnologías
- Favorecer un uso colectivo de las TIC
- Fortalecer la articulación y la comunicación colectiva
- Participar en la creación de alternativas de comunicación inclusivas en nuestras sociedades
- Posibilitar que la gente y las organizaciones podamos incidir mejor y más colectivamente
- Luchar por la democratización de los medios de comunicación y del acceso al conocimiento

Si se realiza un uso estratégico, las TIC también pueden:

- Contribuir a la construcción de sociedades de la información más inclusivas y actuar como habilitadoras de desarrollo a través de la identificación y generación de soluciones innovadoras y con posibilidades de futuro desarrollo y replicación/adaptación
- Mejorar la capacidad de consecución de las metas de desarrollo
- Fomentar la inclusión, facilitar el acceso al conocimiento y la provisión de servicios a grupos desatendidos o sin servicios suficientes, particularmente de áreas rurales.

Las sociedades latinoamericanas están viviendo un momento en el cual la gente y sus organizaciones sociales encuentran nuevas maneras de ejercer la democracia y la ciudadanía, construyendo formas de participación no representativas y extraparlamentarias: movimientos, asambleas ciudadanas,

grupos vecinales, organizaciones de base, que cuestionan la acción del Estado, exigiendo más participación y atención a las necesidades y los derechos de la gente.

La sociedad civil reclama el uso de herramientas de comunicación de las cuales puedan apropiarse, entre ellas las TIC para su desarrollo socio-económico, para expresar sus ideas y para ejercer el derecho a la resistencia ante atropellos, violaciones a los derechos humanos, falta de justicia, equidad, etc. En este sentido, las TIC brindan elementos y posibilidades para democratizar las comunicaciones y crear opinión pública en el proceso del debate de ideas, creencias y conocimientos.

Al comenzar a ser sostenidas por redes informáticas, las redes comunitarias se constituyen en nuevas asociaciones de la era digital, usando Internet como herramienta para la comunicación y el desarrollo. Se pone en red al barrio, al pueblo, a la ciudad y a sus organizaciones, sin abandonar lo local, pero proyectándolo globalmente a través de la interacción con otras comunidades y el mundo.

¿Qué encuentran las nuevas redes ciudadanas con el uso de TIC? ¿En qué las puede beneficiar este uso estratégico de las TIC?



Un uso apropiado de las TIC puede brindar a las comunidades:

- Posibilidades de mayor integración y desarrollo de lo local en procesos más amplios
- Acceso a informaciones y conocimientos para planificar con fundamentos
- Acceso a las autoridades
- Planificación de acciones políticas colectivas
- Planificación de acciones políticas colectivas
- La gente y las organizaciones ya no sólo reciben la información, sino que la reprocesan, la recrean, y difunden entre otras redes ciudadanas
- Las personas y las organizaciones construyen identidad por el uso de TIC
- También se recrea la esfera de lo público

Pero también el uso estratégico de TIC favorece procesos transformadores en el trabajo de las organizaciones, que promueven la horizontalidad para la toma de decisiones, la participación, la transparencia y la democratización y que se manifiestan en:

- La gestión interna (comunicación, información, administración)
- El desarrollo de interrelaciones e intercambios

- La producción creación y difusión de contenidos
- El manejo y administración de los procesos de información dentro de la organización
- La generación de conocimientos
- La difusión de posturas, posicionamientos, participación y promoción de campañas

Pero, ¿qué ocurre con la necesidad de acceder a una infraestructura adecuada que favorezca estos usos estratégicos y la apropiación por parte de las comunidades? ¿Qué cuestiones técnicas, de licenciamiento, de conexión y de costos habría que tener en cuenta? Los modelos de redes basados en comunidades buscan dejar al descubierto estas falencias y proponen soluciones alternativas explotando el potencial de las tecnologías inalámbricas y otras de bajo costo.



Algunas de las soluciones o modelos alternativos plantean, entre otras cosas:

- Licenciamiento horizontal
- Establecimiento de parámetros para la explotación/habilitación de tecnologías inalámbricas
- Incorporación de enfoques de acceso abierto al despliegue de infraestructura (incluyendo infraestructura compartida) y servicios de TIC
- Redes horizontales
- Compartir ancho de banda
- Costos de conexión diferenciados
- Adoptar enfoques integrales para las redes, como por ejemplo gestión de redes y modelos de propiedad que puedan ser complementarias y competir en entornos de mercado justo

Pero habrá que trabajar en políticas públicas de tecnología de la información y la comunicación que tengan en cuenta el desarrollo comunitario, haciendo posibles las siguientes medidas:

- El despliegue de redes inalámbricas como una forma de compartir ancho de banda y conectar a la mayor cantidad de actores locales
- La fijación de diversos y múltiples puntos de acceso a telefonía local de bajo costo, como la telefonía a través de VoIP. La implementación de iniciativas de gobierno electrónico como canales para la provisión de servicios locales
- La instalación de telecentros como centros de construcción de capacidades y de soporte de servicios persona a persona

- La exploración de combinaciones de TIC, como radio, video, telefonía y conectividad para lograr metas de desarrollo comunitario y para la producción de contenidos relevantes para las comunidades y los grupos sociales
- La incorporación de metas de desarrollo como eje central, para beneficiarse de otras iniciativas locales y comunitarias
- El cumplimiento de las metas y objetivos acordados al aprobarse los fondos para el desarrollo de las telecomunicaciones en cada uno de los países involucrados

De esta manera, si se combinan tecnologías de la información y la comunicación de bajo costo con la apertura en la regulación y en los enfoques de las políticas públicas y con modelos de desarrollo basados en las comunidades, se podrían lograr beneficios que influirían localmente de la siguiente manera:

- Potenciando y aprovechando la capacidad y habilidad local de negocios
- Mejorando el relacionamiento (networking) social y económico de los actores locales, con la posibilidad de impulsar su relacionamiento político
- Generando empleo de manera directa e indirecta. Directamente, por ejemplo, a través del desarrollo y provisión de servicios locales para necesidades y demandas locales (incluyendo demandas de capacitación). Indirectamente, por ejemplo, iniciando nuevas oportunidades con la provisión adecuada de servicios de TIC
- Reforzando la autogestión comunitaria e impulsando los esfuerzos locales de desarrollo
- Expandiendo el alcance y mejorando la provisión y la transparencia de los servicios gubernamentales
- Contribuyendo a mantener los ingresos de la comunidad para la comunidad
- Abriendo oportunidades para el crecimiento del mercado mediante la oferta de alternativas de bajo costo (y no de alto costo, como la telefonía móvil)
- Combinando y potenciando el uso de los recursos públicos y comunitarios
- Brindando oportunidades para compartir ancho de banda y compartir costos
- Potenciando el involucramiento de jóvenes y de mujeres de la comunidad generando responsabilidades para el manejo, la administración, la operación y el mantenimiento de la red
- Dando oportunidades para que la red desempeñe un papel de proveedor de servicios para los gobiernos locales

Las personas, las comunidades y las organizaciones sociales, no obstante, deberán tener en cuenta que a pesar de los avances comunicacionales, sociales, políticos o económicos que alcancen con el uso de TIC, estas no son la solución a todo. Tendrán que velar por no profundizar la brecha digital

(cruzada por brechas sociales y económicas anteriores) e impedir que se las considere como meras consumidoras de tecnología o sujetos pasivos en todo este proceso. Deberán constituirse como actoras capaces de innovar, crear conocimientos y potenciar su acción con el uso de TIC, reformulando la relación con el Estado, los funcionarios y las empresas de servicios de telecomunicaciones para tener una mayor participación e incidencia en las decisiones sobre el desarrollo de las TIC y sus usos por parte de la población.

6. Por la igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y del conocimiento

> *"Me siento mal cuando mis hijos me regañan y no me dejan acercar a la computadora, como si la fuera a romper"; "Pareciera que para lo único que sirvo es para pasarle el plumero a la computadora"; "Siento que nadie quiere enseñarme y cuando lo hacen, no tienen paciencia".* Es habitual escuchar estas quejas en talleres de introducción a las tecnologías de la información y la comunicación con mujeres mayores de 40 años. ¿Por qué los hijos habrían de regañar a sus mamás? En una situación similar, ¿Retarían a sus padres? ¿Se mostrarían impacientes? ¿Los padres y los hijos no saben mantener sus computadoras limpias?

En un estudio sobre teletrabajo (trabajo a distancia utilizando la tecnología de la información y la comunicación) se constató que las mujeres que se dedican a este tipo de tarea no pueden hacerlo plenamente porque, debido a que trabajan desde sus hogares, se espera que realicen también otras muchas tareas domésticas, además de atender a niños, enfermos o ancianos en la familia. Otra observación fue que sus computadoras no son consideradas como una herramienta de trabajo por la familia, sino que sufren la "invasión" de niños y adultos que no respetan horarios de labor ni la importancia de la tarea a cumplir. No ocurre lo mismo si el teletrabajador es hombre. Pocas veces se interrumpe su tarea y, por lo general, no se enciende su computadora sin permiso.

> *Al participar en el tendido de una conexión inalámbrica comunitaria, una ingeniera joven observó que sus compañeros de trabajo tomaban recaudos cada vez que ella tenía que trepar a un poste o concretar una conexión. Esta situación la incomodaba. Pero más se incomodó cuando un compañero le preguntó con disimulo: "¿Sabes cocinar?"*

Tradicionalmente se ha relacionado a la tecnología con el mundo y los saberes de los hombres y ha sido menor el acceso de las mujeres a los estudios en ciencia y tecnología, como también a los puestos de trabajo que involucran conocimientos en estos campos. Si lo hacen, ellas encontrarán que les están reservados los puestos de menor jerarquía en la línea de producción, o aquellos que no están relacionados directamente con el desarrollo de conocimientos, herramientas o aplicaciones técnicas. ¿Por qué si en otros campos del conocimiento, como las ciencias sociales, las letras, la

medicina, las ciencias jurídicas, las mujeres ya han alcanzado equidad y reconocimiento, es todavía difícil la inserción equitativa y con igualdad de oportunidades en el campo de la tecnología?

Existen cuestiones sociales y culturales asentadas con mucha fuerza en nuestras sociedades, basadas en creencias, estereotipos y prejuicios que continúan estableciendo barreras para que las mujeres ingresen plenamente al mundo de la creación y desarrollo de tecnología. Estas cuestiones sociales y culturales tienen su raíz en la manera en que hombres y mujeres somos socializados, influyendo en nuestra perspectiva de lo que se espera de nosotros y nosotras en el desempeño de nuestros roles, con el fin de afirmar nuestra "masculinidad" o "femineidad", según corresponda, de acuerdo con las expectativas de la sociedad a la que pertenecemos.

La sociedad nos exige definiciones en materia de género que deben atenerse a creencias y descripciones tradicionales de las funciones que se espera que desempeñen hombres y mujeres, debiendo encajar las mismos en los moldes esperados para que nadie se confunda ni nos tome como " gente rara".

Es interesante darle una mirada cada tanto a los prejuicios o estereotipos de género que todavía sustentamos, allí lejos, arrinconados en algún lugar de la mente, que afloran en el momento menos esperado y echan por el suelo cualquier discurso que se crea progresista. Si bien, por ejemplo, los medios masivos en la actualidad aplauden las conductas que consideran "transgresoras" y nos hacen creer que la sociedad avanza a grandes pasos en su apertura, todavía continúan fuertes las concepciones que a la larga siguen fortaleciendo una imagen tradicional de mujeres y hombres, aunque su exterior se haya modernizado.

A esta altura es interesante distinguir entre los conceptos de *sexo* y *género,* y seguramente los y las participantes del taller contribuirán a la definición:



Sexo: son las características biológicas que nos distinguen como mujeres o como hombres, que forman parte de la naturaleza de las personas, de acuerdo a las formas y funciones de los órganos sexuales.



Género: Condición social y cultural construida históricamente por la cual se conforman el deber ser de cada mujer y de cada hombre. Roles, actitudes, valores y símbolos que se imponen a cada sexo en el proceso de socialización y que hacen aparecer a los sexos como opuestos por naturaleza. Se nace con un sexo determinado y se aprenden conductas diferentes de acuerdo con la cultura dominante.

¿Estamos tan marcados social y culturalmente que son estos mandatos los que priman al tomar decisiones fundamentales en la vida, incluso respecto al futuro familiar, profesional o laboral?

En un taller con mujeres jóvenes que estaban a punto de terminar sus estudios como ingenieras o

licenciadas en sistemas y en telecomunicaciones, se observó una gran ansiedad ante lo que el grupo veía como incompatible: el desarrollo profesional y la posibilidad de formar una familia. Muchas sentían que todavía se espera que las mujeres cumplan con su rol de madre y esposa, postergando su profesión. O bien, si deciden trabajar fuera del hogar, su rendimiento debe ser perfecto, tanto en su empleo como en la casa. Y si sólo se dedican a su profesión, deben toparse con el comentario "las mujeres que se dedican a la ciencia y a la tecnología son poco "sexy", no atraen a los hombres". ¿Es que el éxito profesional de una mujer apabulla a su compañero? ¿Acaso los hombres no pueden compartir las tareas y responsabilidades cotidianas del hogar y la familia? ¿Qué rol juega la cultura imperante en estas situaciones?

En una investigación que realizó la filial española de Amnistía Internacional sobre los contenidos de los videojuegos a los que acceden miles de niños, niñas, adolescentes y adultos de todo el mundo, tanto en los cibercafés como en Internet, se comprobó que la violación a los derechos humanos de las personas es común, como también la violencia hacia las mujeres. Esta violencia se manifiesta tanto en el trato peyorativo o denigrante hacia ellas, como en las escenas de sexo violento que pululan en la web. También se repiten las imágenes estereotipadas de las mujeres como meros objetos, ya sea tanto para vender productos como para atraer a los navegantes a un sitio. ¿Qué nos dice esto sobre las relaciones entre hombres y mujeres en nuestra sociedad? ¿Qué nos dice sobre los mensajes e imágenes que imperan en los medios de comunicación, incluyendo Internet?

Un estudio sobre el uso de los teléfonos celulares registró que varias mujeres manifestaron haber sido acosadas, perseguidas y vigiladas por sus novios, compañeros o esposos a través del celular. Las llamadas constantes e inquisidoras y los mensajes de texto que debían ser respondidos al segundo se convertían en elementos de control que terminaban coartando su libertad y privacidad. El uso de las TIC para monitorear y vigilar negocios, bancos y aeropuertos se ha convertido en algo usual hoy en día, pero al intervenir en las relaciones personales pueden repetir relaciones de violencia que existen también en otras esferas.

Es indudable que continúan vigentes identidades, roles y relaciones de género que influyen en las relaciones sociales, determinando relaciones y oportunidades inequitativas para hombres y mujeres, aún en relación con las TIC.



Veamos estos conceptos:

Identidad de género: sentido de pertenencia al género masculino o al género femenino y que determina la manera en que nos vemos en relación con otras personas y a cómo nos ve la sociedad



Roles de género: comportamientos aprendidos en una sociedad, comunidad o grupo social determinado, que hacen que sus miembros perciban como masculinas o como femeninas ciertas actividades, tareas y responsabilidades, y las jerarquicen y valoricen de manera diferenciada.

Relaciones de género: relaciones entre mujeres y hombres marcadas por la división sexual del trabajo y por un ejercicio desigual del poder que discrimina a la mujer como inferior.

¿Qué tienen que ver todos estos conceptos cuando hablamos de tecnología? El enfoque de la tecnología como producto cultural sostiene que la tecnología no es neutra y que existen procesos culturales en la relación entre género y tecnología que deben ser transformados.

6.1 Ejercicio 2:¿Qué es sexo y qué es género?



Objetivo: Reconocer que es sexo y qué es género

Metodología:

Este es un ejercicio individual, así que cada una y cada uno lo desarrollará personalmente.

A partir de las siguientes frases **¿puedes reconocer qué es sexo y qué género?**

Piensa en tu cotidianidad y en lo que te rodea para contestar:

1.- Las mujeres dan a luz a sus hijos, los hombres no…

2.- Las niñas son delicadas, los niños son toscos…

3.- De la población analfabeta mundial 2/3 partes son mujeres y 1/3 son hombres…

4.- Las mujeres pueden amamantar a los bebés, los hombres pueden alimentarlos con biberones…

5.- En el antiguo Egipto, los hombres se quedaban en las casas y tejía. Las mujeres manejaban los negocios de la familia. Las mujeres heredaban la propiedad y los hombres no.

6.- El 70% de los pobres del mundo son mujeres…

7.- La voz de los hombres se cambia en la pubertad, la de las mujeres no…

8.- Un estudio sobre 224 culturas reveló que en 5 de ellas los hombres se encargaban de cocinar y en 36 las mujeres construían solas sus viviendas…

9.- Del ingreso mundial las mujeres ganan 1/10 y los hombres 9/10…

10.- A las madres les gusta cuidar más a sus bebés, a los padres no tanto…

¿Cuáles fueron sus respuestas?

¿Alguna de las preguntas y respuestas les sorprendió? ¿Por qué?

Fuente: Género y Periodismo. Kathrin Gotman. FES. 2001.

6.2 Ejercicio 3:¿Existen los roles de género?

Este ejercicio puede hacerse en dos grupos: uno de mujeres y otro de hombres, invitando a las mujeres a pensar sobre los roles del hombres y a los hombres sobre los roles de la mujer. Luego se llevan los resultados al plenario y se comenta sobre ellos señalando aquellos aspectos que indican expectativas tradicionales y los que marcan cambios relacionados con modelos vigentes anteriores.



Estos ejercicios nos permiten constatar que:

- El concepto de género no tiene que ver sólo con las mujeres, sino que hace referencia a características sociales tanto de los hombres como de las mujeres.
- Género no es sinónimo de mujer. Los hombres también tienen características de género, roles de género.
- El género refiere a las construcciones sociales que son cambiantes y dinámicas, no estáticas.

Fuente: Guía para alfabetizarse en género y desarrollo. Clara Murguiadalay, (coord.). Coordinadora de ONGD de la Comunidad Autónoma Vasca. Bilbao, España.

A esta altura es interesante dar una mirada a las relaciones entre hombres y mujeres en nuestras comunidades. ¿Son equitativas? ¿Se mantienen las discriminaciones? ¿Existen realmente relaciones de poder que subordinan a las mujeres? ¿Cómo influyen en el acceso de mujeres y hombres a la tecnología? ¿Es posible detectar procesos y situaciones con una mirada diferenciada? ¿Cómo comenzamos a trabajar por la equidad?

Es fundamental utilizar una perspectiva de género en este análisis, que es la que permite analizar las relaciones de género y las desigualdades entre hombres y mujeres que surgen en ellas, considerando que dichas desigualdades no son naturales ni inmutables y que pueden ser transformadas:

- La perspectiva de género ayuda a visualizar las inequidades y las subvaloraciones entre hombres y mujeres en todos los ámbitos.

- Alerta sobre discriminaciones y desigualdades.
- Impulsa a cambiar las relaciones sociales para lograr la igualdad de oportunidades
- Brinda elementos para contribuir al cambio de relaciones entre ambos géneros y construir una sociedad donde haya relaciones justas entre mujeres y hombres

¿Por qué es importante aplicar la perspectiva de género al trabajar en el desarrollo comunitario? Por varias razones:

- Compromiso con los derechos humanos
- Compromiso con la equidad y la justicia
- Utilizar los recursos humanos con eficiencia
- Lograr la equidad de género: justicia en la distribución de responsabilidades y beneficios entre mujeres y hombres
- Lograr la igualdad de género: el trato igualitario para mujeres y hombres en las leyes y políticas del Estado, en el acceso a los recursos y los servicios

Los roles y las relaciones de género social y culturalmente construidos determinan:

- La manera en que mujeres y hombres participan en el desarrollo de sus comunidades
- El modo en que ambos se involucran en la definición y la construcción de la sociedad de la información y del conocimiento.

Una plena inserción de las mujeres, con igualdad y equidad, será posible si se toman en cuenta las dimensiones de género de la sociedad de la información y se analizan con esta perspectiva la tecnología, el desarrollo e implementación de políticas de telecomunicación y el diseño de programas que lleven las TIC a las comunidades.

Es responsabilidad de todos y todas promover las metas de equidad de género y la igualdad de oportunidades en el campo de las TIC para el desarrollo. Sabemos que para lograr esto no basta con enseñar contenidos teóricos, sino que el desafío está en:

- Generar en cada persona y en cada comunidad una disposición perdurable a la igualdad de oportunidades y la equidad entre mujeres y hombres
- Modificar conductas, porque por ser la cuestión de género una construcción social y cultural es que podemos trabajar por modificar los estereotipos, apuntando a una toma de conciencia de la población y cambiando los modos de relacionarnos entre mujeres y hombres
- Producir mensajes desde una visión de equidad
- Gestar nuevos valores que dejen atrás las discriminaciones de todo tipo y apunten a transformaciones reales para terminar con las relaciones de poder y construir una democracia efectiva también en las relaciones entre los géneros en la comunidad

6.3Ejercicio 4: Analizando nuestra relación con las TIC con perspectiva de género

Este ejercicio ofrece la oportunidad de analizar situaciones relacionadas con las TIC aplicando la perspectiva de género. Se recomienda que cada ejemplo sea analizado por un grupo de participantes, respondiendo a las preguntas que se formulan. Luego habrá una puesta en común en plenario.

Primer ejemplo

En un telecentro barrial se observa que la mayoría de los asistentes son varones adolescentes que concurren diariamente a realizar algunas tareas escolares, chatear y jugar en red.



Las pocas jovencitas que concurren suelen sentarse a mirar lo que los varones hacen en las computadoras y rara vez las usan. El lugar no tiene buena iluminación y se escucha rock pesado la mayor parte del tiempo. Dos instructores están a cargo de las capacitaciones, pero no logran captar el interés de las mujeres. En el telecentro, sólo hay una mujer empleada y sus tareas son de limpieza. ¿Es que las adolescentes le tienen “miedo” a la tecnología?¿Qué cambios habría que realizar para que las jovencitas participen con equidad en las capacitaciones y de las actividades del telecentro?

Segundo ejemplo

Un padre de familia decidió comprar una computadora para usar en su casa, con el objetivo de que sus hijos aprendieran a utilizar diversos programas pensando en su futuro laboral. Decidió que sus dos hijos varones asistieran a un curso de capacitación que dictaban en un instituto cercano. Su única hija mujer protestó porque ella quería asistir también, pero su padre no admitió sus argumentos. La niña terminó discutiendo con su padre y peleando con sus hermanos, que se burlaban de su interés por aprender computación. Se encerró en su habitación a llorar. ¿Qué argumentos podía haber para impedir que la niña tomara el curso también? ¿Es que aprender tecnología no es para las mujeres? ¿Qué tipo de intervención habría que realizar para lograr la igualdad de oportunidades de hombres y mujeres en el aprendizaje de tecnología, tanto en el hogar, como en la escuela y en la comunidad?



Tercer ejemplo

La alcaldesa de un pueblo pequeño decidió crear un centro de computación y de comunicación electrónica dentro de la escuela local, abierta al público en general durante el horario escolar, que cobraría una tarifa módica por los cursos y servicios. Pensó que de esta manera se brindarían más oportunidades al alumnado y se reforzarían las posibilidades de aprender computación y acceder a Internet en el pueblo, que contaba también con un telecentro en la calle comercial. Al evaluar luego de unos meses la asistencia y participación del público en el centro en la escuela, se sorprendió al ver que el 65% de los asistentes eran mujeres mayores de 35 años. ¿Qué pudo haber influido para que tantas mujeres concurrieran al centro en la escuela, prefiriéndolo al telecentro en la zona comercial? ¿Qué tipo de intervención es necesario realizar para lograr la igualdad de oportunidades de hombres y mujeres en el acceso a la tecnología, tanto en el hogar, como en la escuela y en la comunidad?

7. Conclusiones

Entender la relación de la tecnología con la comunidad es de vital importancia para lograr proyectos exitosos y maximizar el aprovechamiento de las herramientas tecnológicas, logrando los mayores beneficios para la población objetivo.

Los cinco principales aspectos que debe recordar de esta unidad se pueden resumir de la siguiente manera:

- La escasa infraestructura, los altos costos, la falta de capacitación en el uso y apropiación de la tecnología, hacen que la brecha digital se profundice en los paises en vías de desarrollo y que un porcentaje importante de la población se aisle de la sociedad del conocimiento
- La introducción de las TIC permite a una comunidad hacerse visible, dando a conocer su vida cotidiana, sus esfuerzos, proyectos y necesidades. Además, posibilita el acceso a la información y al conocimiento.
- El uso adecuado de las TIC brinda posibilidades para la democratización de las comunicaciones y la creación de opinión pública en el debate de ideas, creencias y conocimientos
- La utilización de tecnologías de la información y de la comunicación de bajo costo, combinadas con regulaciones, políticas públicas propicias y modelos de desarrollo basados en las comunidades, permiten proporcionar mayores beneficios a las personas, las organizaciones y a sus comunidades y aprovechar las TIC para usos estratégicos.

- Es importante considerar la identidad, los roles y las relaciones de género de manera que se puedan identificar las discriminaciones culturales vigentes y se propenda hacia el alcance de mayor equidad entre hombres y mujeres para acceder a los conocimientos y recursos utilizando las TIC y a los beneficios que derivan de una participación plena y con igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y del conocimiento.

8. Bibliografía

Edición especial: Mitos de género, 2004

http://www.bridge.ids.ac.uk/bri_bull.html

Cuadernos Cutting Edge

Edición No. 15: Género y TIC, 2004)

Edición No. 14: Género y Ciudadanía, 2004

Edición No. 10: Género y Cultura, 2002

Edición No. 9, Género y participación, 2001

http://www.bridge.ids.ac.uk/reports_gend_CEP.html

Se pueden bajar en formato pdf

Manual de GEM

http://www.apcwomen.org/gem/esp/home.htm

en especial los capítulos “Análisis de género”

http://www.apcwomen.org/gemkit/esp/para_entender/analisis.htm

y “Tic para el cambio social”

http://www.apcwomen.org/gemkit/esp/para_entender/tics.htm

Manual de género en periodismo

Katrin Gothmann, Proyecto Latinoamericano de Medios de Comunicación, FES, Quito, 2001

Organizaciones sociales y redes comunitarias sustentadas por TIC en Argentina, por Susana Finquelievich y Graciela Kisilevsky, Buenos Aires, 2005

Peligros digitales: las tecnologías de información y comunicación y la trata de mujeres, PARM APC, 2005http://www.genderit.org/esp/index.shtml?w=r&l=s&x=91751

¿Cultivando la violencia mediante la tecnología? Explorando la conexión entre tecnologías de la información y la comunicación y violencia contra las mujeres, PARM APC, 2005

http://www.genderit.org/esp/index.shtml?w=r&l=s&x=94855

Mundo virtual, mundo también violento, la violencia contra las mujeres y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, Dafne Sabanes Plou, 2007

http://www.genderit.org/esp/index.shtml?w=a&x=95207

- Presentaciones realizadas en el marco de 10º Reunión Anual General de CRASA (Communications Regulators Association of Southern Africa) En inglés

http://www.crasa.org/10agm.htm

- Community-based Networks and Innovative Technologies En inglés
Seán Ó Siochrú and Bruce Girard, Consultants. United Nations Development Program (UNDP - 2005)
http://www.propoor-ict.net/content/view/26/48/

9. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia 3.0 **Atribución-NoComercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Unidad 18



Comunidad, TIC y género

Desarollado por: Programa de apoyo a redes de mujeres (PARM-LAC)
Dafne Sabanes Plou
daphne@apcwomen.org

Objetivos



- Analizar la forma en que las tecnologías de la información y comunicación pueden incidir en los procesos de desarrollo de las comunidades
- Considerar la perspectiva de género para lograr la igualdad de oportunidades y la equidad entre mujeres y hombres en el uso y apropiación de la tecnología

Tabla de contenido



- Introducción
- Inclusión en la sociedad de la información y del conocimiento
- Aporte de las TIC en el desarrollo de las comunidades
- Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y del conocimiento

Introducción



- TIC
  - Visibilizan aportes de comunidades
  - Afianzan el derecho a la comunicación
  - Trascienden fronteras
  - Influyen: politicas, actitudes, comportamiento
  - Deben representar el pluralismo

Introducción



Derecho a la comunicación

- Derecho humano inalienable
  - Pluralidad de fuentes
  - Gestión democrática y transparente de políticas

Introducción



- Medios de comunicación...
  - Centros de expresión, canales de conversación
  - Información de importancia para la sociedad
  - Movimientos de opinión pública
  - Afecta la forma en que las personas se vinculan y relacionan en la sociedad

Introducción



- Al implementar proyectos de TIC
  - Tener conciencia y analizar el impacto de las TIC en el entorno
  - Conocer necesidades y expectativas de beneficiarios/as
  - Procurar la comprensión del impacto de las TIC por parte de la comunidad

Inclusión en la sociedad de la información y del conocimiento



- Convergencia TIC y Sociedad de la información y el conocimiento
  - Cambios en el pensamiento sobre el desarrollo

    Menor marginación, nuevas oportunidades

  También:

  - Exclusión digital (Internacional y nacional)

    Falta de inversión, altos costos, analfabetismo, bajos niveles de educación, falta de capacitación, no acceso al conocimiento

Inclusión en la sociedad de la información y del conocimiento



- Posibles soluciones a la exclusión digital
  - Definición de políticas públicas
  - Promoción de mecanismos y herramientas para lograr la participación activa de los ciudadanos

Concebir a las TIC más allá de telecomunicaciones e Internet, como un instrumento que beneficia al desarrollo humano

Aporte de las TIC en el desarrollo de las comunidades



- Algunas alternativas para superar la exclusión digital
- desarrollo de redes basadas en comunidades que exploten el potencial de tecnologías de bajo costo
- adopción de enfoques de acceso abierto para el despliegue de infraestructura y servicios de TIC
- combinación creativa de TIC con medios comunitarios

Aporte de las TIC en el desarrollo de las comunidades

- Experiencias:
  - Convergencia de radios comunitarias y ciudadanas y TIC
  - Desarrollo de telecentros comunitarios (www.telecentros.org), de centros tecnológicos comunitarios (CTC), de redes de telecentros (somostelecentros@org)





Aporte de las TIC en el desarrollo de las comunidades



- Visibilización de la comunidad
- Acceso a información y conocimiento
- Uso diferenciado de herramientas
  - >¿Uso estratégico?

Aporte de las TIC en el desarrollo de las comunidades



Para las organizaciones sociales y la ciudadanía

- Facilidad de expresarse
- Ejercer el derecho a la resistencia
- Integración a procesos más amplios
- Acceso a información y conocimiento
- Acceso a autoridades
- Acciones políticas colectivas
- Recrear, reprocesar, distribuir información

Aporte de las TIC en el desarrollo de las comunidades



- Posibles beneficios
  - mejorar el relacionamiento social y económico de los actores
  - generar empleo de manera directa e indirecta
  - aumentar los ingresos de la comunidad para la comunidad
  - abrir oportunidades para el crecimiento del mercado local
  - reforzar la autogestión comunitaria e impulsar esfuerzos locales

Aporte de las TIC en el desarrollo de las comunidades



- Posibles beneficios
  - expandir el alcance y mejorar la provisión de servicios gubernamentales
  - potenciar el uso de los recursos públicos y comunitarios
  - dar oportunidades para compartir ancho de banda y compartir costos
  - involucrar a jóvenes y a mujeres de la comunidad

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



¿De qué manera participamos mujeres y hombres en la sociedad de la información y el conocimiento? ¿Existe una participación diferenciada?

Tradicionalmente la tecnología ha sido relacionada con el mundo y los saberes de los hombres. ¿Por qué se dice esto? ¿Es la tecnología neutra?

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



- **Género**
- **Sexo**

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



- Género
  - Roles, características, valores, comportamientos, símbolos atribuidos por la sociedad a mujeres y hombres. *"El deber ser"*
- Sexo
  - Características biológicas que distinguen a mujeres y hombres
  - ¿roles incompatibles?
  - ¿es posible compartir tareas?

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



- Conceptos
  - Identidad de género (sentido de pertenencia)
  - Roles de género (comportamientos aprendidos)
  - Relaciones de género (relaciones marcadas por la división sexual del trabajo)

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



- Relaciones entre hombres y mujeres
  - ¿Son equitativas?
  - ¿Se mantienen las discriminaciones?
  - ¿Existen realmente relaciones de poder que subordinan a las mujeres?
  - ¿Cómo influyen en el acceso a la tecnología?
  - ¿Es posible detectar procesos y situaciones con una mirada diferenciada?
  - ¿Cómo comenzamos a trabajar por la equidad?
  - **¿Se pueden modificar?**

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



- Perspectiva de género permite:
  - Visualizar inequidades
  - Alertar sobre discriminaciones
  - Impulsar cambios en las relaciones sociales para lograr igualdad de oportunidades
  - Contribuir al cambio de relaciones entre géneros
  - Denunciar y combatir la violencia hacia las mujeres con el uso de TIC (videojuegos, acoso o vigilancia, trato peyorativo o denigrante, comportamientos sociales discriminatorios trasladados a las TIC)

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



- ¿Por qué la perspectiva de género en el desarrollo comunitario?
  - compromiso con derechos humanos
  - equidad (justicia),
  - igualdad de oportunidades
  - manejo eficiente de recursos humanos

Igualdad de oportunidades en la sociedad de la información y el conocimiento



- El desafío
  - generar una disposición perdurable a la igualdad de oportunidades y la equidad
  - modificar conductas, podemos trabajar por modificar los estereotipos
  - visión de equidad
  - gestar nuevos valores sin discriminaciones

Unidad 19: Guía básica de estrategias de sostenibilidad para redes inalámbricas comunitarias

Desarrollado por: *Equipo del proyecto Tricalcar*

Tabla de contenido

1. Sobre este módulo 2
1.1 Información sobre propiedad intelectual 2
1.2 Grado de dificultad 2
1.3 Información sobre los iconos 2
2. Introducción 2
3. ¿Qué es la sostenibilidad? 3
3.1 Sostenibilidad 4
3.2 Dimensiones de la sostenibilidad 4
3.3 Plazos de la sostenibilidad 7
3.4 ¿Sostenibilidad = éxito? 7
3.5 Algunas características de la sostenibilidad 8
4. Factores a considerar para lograr la sostenibilidad de redes inalámbricas comunitarias 9
4.1 Sostenibilidad social 10
4.1.1 Identificando los servicios de la red 11
4.2 Sostenibilidad legal y política 12
4.3 Sostenibilidad organizativa 13
4.3.1 Seleccionando un modelo organizativo 14
4.3.2 Capacitación de personal 15
4.4 Sostenibilidad tecnológica 16
4.5 Sostenibilidad financiera 20
4.5.1 Para definir un modelo financiero 24
5. En conclusión 25
6. Recursos disponibles 26
6.1 Bibliografía recomendada 26
6.2 Centros de Recursos 28
7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual 28

1. Sobre este módulo

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material es el resultado de una revisión realizada por el equipo del proyecto TRICALCAR[1] sobre sostenibilidad de proyectos de desarrollo en el que se han considerado ejemplos de proyectos de TICs y redes inalámbricas en diferentes comunidades de países en desarrollo y literatura sobre el tema que se encuentra referenciada en la sección de *recursos disponibles* de esta guía.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco 3.0 Genérica.** Para ver los términos completos de esta licencia: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_MX

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico”.

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

La implementación de redes inalámbricas comunitarias en países en desarrollo surge como una alternativa a la necesidad de brindar conectividad a personas y comunidades que no cuentan con acceso a redes de comunicaciones, ya sea en zonas urbanas o rurales. La investigación de nuevas tecnologías y estándares ha permitido que las redes inalámbricas, en particular las redes Wi-Fi, se

1. Esta unidad es el resultado de un trabajo colaborativo a través de una lista de correo abierta para este fin. La redacción principal estuvo a cargo de Lilian Chamorro (Colnodo) y se basó en un trabajo aún no publicado de Juan Fernando Bossio (CEPES) sobre sostenibilidad de Telecentros. Colaboraron además en la concepción y construcción de esta guía, con el apoyo de sus organizaciones: Américo Sánchez (CEPES), Eduardo Rodriguez (Nodo TAU), Juan Antonio Cabrera (Universidad Politécnica de San Luis Potosí), Olga Paz (Colnodo), Sylvia Cadena (WILAC), Ermanno Pietrosemoli (EsLaRed).

popularicen debido a su bajo costo y altas prestaciones. Las redes Wi-Fi facilitan brindar conectividad a zonas urbanas o rurales que debido a su baja densidad de población o a las dificultades geográficas, no son consideradas como un mercado rentable por las grandes empresas de telecomunicaciones, pero que tienen necesidades particulares de comunicación, que de ser resueltas, permitirían mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Las experiencias en la implementación de este tipo de redes han mostrado la necesidad de establecer mecanismos para darles sostenibilidad, de manera que sus beneficios en la comunidad puedan perdurar y su operación no termine con la finalización del capital inicial de instalación que en la mayoría de los casos proviene de un agente externo (donaciones, proyectos gubernamentales, proyectos de cooperación internacional).

Existen una serie de riesgos técnicos, financieros, sociales, políticos e institucionales que de no ser identificados y afrontados a tiempo pueden hacer insostenible el proyecto.

Este módulo está diseñado como apoyo a la sesión de capacitación sobre sostenibilidad de redes inalámbricas comunitarias en TRICALCAR. En él se busca definir y describir algunos conceptos básicos sobre sostenibilidad y facilitar ejemplos que los ilustren. Aunque las redes inalámbricas incluyen tecnologías de redes satelitales, de microondas, Wi-Fi, WiMax, celulares, de enlaces ópticos, etc., esta guía esta orientada sobre todo a redes Wi-Fi bajo los estándares de la IEEE 802.11 y sus diferentes familias.

En ningún momento esperamos que sea un módulo definitivo que brinde todas las indicaciones para alcanzar la sostenibilidad, pero deseamos que sea una guía para ayudarle a identificar factores clave para que su proyecto sea sostenible. Con este documento esperamos proporcionar una herramienta de consulta a aquellas personas que están en la búsqueda de darle sostenibilidad a sus proyectos de redes inalámbricas y desean tener mayor claridad sobre el tema.

La sostenibilidad no puede ser vista como el resultado de una serie de pasos definidos ya que dependerá de variables particulares para cada proyecto. Para poder hablar de cómo conseguir sostenibilidad para proyectos de redes inalámbricas primero definiremos qué se entiende por ‘sostenibilidad’ e identificaremos algunos de los factores que influyen en ella.

3. ¿Qué es la sostenibilidad?

Sobre el término Sostenible, la Real Academia de la Lengua dice:

> 1. *adj. Dicho de un proceso: Que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace, p. ej., un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes.*

En este documento se tratará la “Sostenibilidad de Redes Inalámbricas Comunitarias”, por lo cual podríamos pensar que lo que se desea sea sostenible es la Red Inalámbrica, pero no debemos perder de vista que lo que deseamos mantener no es la red en sí, sino los beneficios que esta proporciona. La red es algo temporal y muy probablemente tendrá un ciclo de vida finito, mientras que sus

beneficios podrían ser aprovechados por los/as usuarios/as o la comunidad en la que se encuentra para impulsar nuevos proyectos; además, de nada nos serviría una red que no da un valor agregado a sus usuarios.

En este documento se tratará la "Sostenibilidad de Redes Inalámbricas Comunitarias", por lo cual podríamos pensar que lo que se desea sea sostenible es la Red Inalámbrica, pero no debemos perder de vista que lo que deseamos mantener no es la red en sí, sino los beneficios que esta proporciona. La red es algo temporal y muy probablemente tendrá un ciclo de vida finito, mientras que sus beneficios podrían ser aprovechados por los/as usuarios/as o la comunidad en la que se encuentra para impulsar nuevos proyectos; además, de nada nos serviría una red que no da un valor agregado a sus usuarios.

3.1 Sostenibilidad

Aunque el concepto de sostenibilidad fue inicialmente utilizado para temas ambientales y de recursos naturales, luego fue adoptado en otras áreas. En el caso de sostenibilidad de redes inalámbricas comunitarias tomaremos el concepto de sostenibilidad utilizado por las ONG y agencias internacionales de desarrollo, que se puede resumir como: *la capacidad de un proyecto o sus resultados de continuar existiendo o funcionando más allá del fin del financiamiento o las actividades del agente externo*.

Esto implica, entre otras cosas, que las actividades que se realizan para mantener la red se sigan ejecutando, que se cuente con los recursos para continuar operando y, en fin, que la red construida persista, y aún más allá de eso, que los beneficios que esta produce se mantengan.

Muchos han reducido la evaluación de la sostenibilidad al análisis de si el proyecto consigue suficientes recursos para seguir funcionando, limitándola únicamente al componente económico. Sin embargo, para lograr sostenibilidad se deben considerar la combinación de metas económicas, ecológicas y sociales, lo que implica la satisfacción de necesidades básicas, la protección del medio ambiente, el empoderamiento de la gente y las comunidades locales.

La sostenibilidad se ha convertido en un punto de referencia para los proyectos de TIC para desarrollo. Si el objetivo de su organización es conseguir una donación o ayuda externa para la implementación de una red inalámbrica, muy probablemente le preguntarán por la sostenibilidad de su proyecto. Aquí cabe aclarar que no es posible asegurar de antemano la sostenibilidad de un proyecto, lo único que podemos hacer es considerar los factores que influyen en la sostenibilidad en un contexto particular y sobre los que se debe tomar medidas y/o hacer seguimiento.

3.2 Dimensiones de la sostenibilidad

La sostenibilidad de un proyecto incluye diferentes aspectos: sociales, organizativos, políticos, tecnológicos, financieros, ambientales. Todos estos aspectos constituyen las dimensiones de la sostenibilidad que deberían ser consideradas con el objetivo de dar continuidad a las acciones y a que éstas no afecten la capacidad de desarrollo futuro. Dependiendo de cada proyecto algunas

dimensiones son más importantes que otras, pero todas son importantes para alcanzar la sostenibilidad.



*Se consigue **sostenibilidad social y cultural** considerando las particularidades del contexto social y cultural donde se hacen los proyectos y cómo éstos se insertan en tales contextos convirtiéndose en un 'bien público'.*

La sostenibilidad social se relaciona con la participación de la comunidad y sus organizaciones, y en qué medida éstas se apropian de los objetivos del proyecto así como de sus resultados. Si la comunidad se adueña del proyecto e incrementa su capacidad para la toma de decisiones y su capacidad de gestión (empoderamiento) gracias a la plataforma provista por el proyecto, entonces buscará formas de mantenerlo. Es importante resaltar que 'la comunidad' está formada por grupos distintos: mujeres y hombres, jóvenes y adultos, personas con distintos niveles educativos, capacidades económicas, y en la mayoría de los casos, provenientes de culturas distintas. Para conseguir sostenibilidad social se requiere tener enfoque de género, generacional y cultural para asegurarse de estar tomando en cuenta a todos y todas desde sus particularidades.



*La s**ostenibilidad política y/o legal** se refiere al marco legal y a la estabilidad política externa a la organización que permite la continuidad de las acciones de desarrollo.*

En algunos casos, los gestores de los proyectos buscan modificar el marco jurídico en el que desarrollan sus actividades, ampliando así su ámbito de influencia al desarrollo de políticas públicas que permitan ajustar la legislación o emitir nueva reglamentación que favorezca al desarrollo y logro de resultados del proyecto. Para ello, promueven la incorporación de las acciones del proyecto en actividades de organismos públicos y, en algunos casos muy especiales, la institucionalización de las propuestas de la comunidad.



*La **sostenibilidad tecnológica** tiene que ver con la capacidad del proyecto de actualizar la mezcla de tecnologías seleccionada para que se ajuste a los cambios en el ambiente, tales como nuevas necesidades, nuevas tecnologías, cambios en la matriz energética, etc.*

Esta dimensión de la sostenibilidad es especialmente importante para proyectos con nuevas TIC, pero también lo es para otros tipos de proyectos.



*La **sostenibilidad organizacional** está dada por la capacidad de administrar localmente el proyecto y por el desarrollo de recursos humanos locales que permitan su continuidad.*

Cuando se acaba el financiamiento de fuentes externas o el capital inicial, se terminan también los contratos de profesionales ajenos a la comunidad que apoyan la gestión del proyecto desde lo técnico. Para que las acciones promovidas por un proyecto sean sostenibles es necesario que se haya formado personal local que pueda hacerse cargo de la gestión y ejecución del proyecto. Además, la transferencia de la dirección del proyecto a organizaciones u organismos locales debe incluir la definición conjunta de cómo organizar y realizar el trabajo.



*La **sostenibilidad financiera** –que, como decíamos, suele recibir mayor atención– se refiere a la obtención de suficientes recursos para mantener en funcionamiento el proyecto, para esto es necesario la definición de estrategias financieras que garanticen la gestión presente y futura del proyecto, la definición de métodos de control sobre el manejo de recursos, la transparencia en la rendición de cuentas, entre otros.*

Para desarrollar sostenibilidad financiera se requiere saber cuánto se gasta y proyectar los gastos futuros (hacer un plan de negocio) además se debe determinar de qué forma se obtendrán esos recursos (conocimiento del entorno y poder adquisitivo de la comunidad), así como definir fuentes alternativas de financiamiento.

Actividades tales como la renovación de la plataforma tecnológica, la actualización del personal, la oferta de empleo digno y en condiciones competitivas al personal que se ha capacitado, de manera que el proyecto no pierda a sus gestores claves, deben ser tenidas en cuenta al definir las estrategias financieras de su proyecto, ya que pueden poner en riesgo la gestión de un proyecto o ser clave para el logro de los objetivos propuestos.



*La **sostenibilidad ambiental** se refiere a la preservación de los recursos naturales de los que depende la comunidad.*

Para lograr sostenibilidad ambiental es necesario evaluar qué recursos son requeridos y establecer un plan de vigilancia y control para tomar acciones preventivas y correctivas.

Las distintas dimensiones de la sostenibilidad interactúan entre sí en un círculo vituoso.

Por ejemplo, la sostenibilidad tecnológica ayuda a la financiera cuando permite ahorrar recursos; la organizativa a la tecnológica al desarrollar personal local que puede actualizar la mezcla de tecnología para hacerla más adecuada a las cambiantes necesidades de los usuarios/as; la social a la organizativa cuando las organizaciones sociales convocan a jóvenes locales para convertirse en personal del proyecto; etc.

Es necesaria la identificación de factores que afectan la sostenibilidad en cada una de sus dimensiones y definir cuáles son los más relevantes considerando las particularidades de su proyecto. Veremos algunos de estos factores más adelante en este documento.

3.3 Plazos de la sostenibilidad

La sostenibilidad es algo que se alcanza en el largo plazo, pero las diferentes dimensiones de la sostenibilidad tienen plazos distintos. Es obvio que la sostenibilidad financiera presiona a los proyectos en el corto plazo, ya que es necesario cubrir los costos mes a mes y eso es algo que no se reemplaza con planes o proyecciones. Por el contrario, la sostenibilidad social, debe buscarse desde el principio, pero alcanzarla toma tiempo y su evaluación debe considerar el largo plazo. La sostenibilidad política y/o legal también es de largo plazo, mientras que la organizativa y tecnológica son de mediano plazo. Formar personal no es algo que se haga rápidamente, pero su formación y renovación tampoco puede demorar años sin arriesgar al proyecto, de la misma manera, la tecnología no se transforma súbitamente, pero está cambiando día a día y es necesario planificar a mediano plazo los cambios a hacer.

Una actividad financieramente insostenible a corto plazo puede generar sostenibilidad política y social a largo plazo (por ejemplo la prestación de salud pública), mientras que una actividad financieramente sostenible en el corto plazo puede no ser legal (venta de reproducciones ilegales de películas o software). Por ello, es importante considerar entonces que la sostenibilidad tiene metas de largo plazo, pero actividades de corto plazo.

3.4 ¿Sostenibilidad = éxito?

Sostenibilidad y éxito no son lo mismo. Un proyecto de desarrollo puede ser sostenible y no alcanzar las metas para la que fue diseñado o impulsado. Ya sea porque para alcanzar la sostenibilidad deba desviarse de los fines planteados inicialmente, porque la hipótesis de desarrollo que ligaba los productos del proyecto a los impactos esperados era errónea o porque, finalmente, los actores locales no estaban interesados en los fines promovidos por el actor externo.

Sin embargo es claro que la sostenibilidad es una medida del éxito, ya que difícilmente un proyecto de desarrollo pueda ser exitoso si no es sostenible.

3.5 Algunas características de la sostenibilidad

Lograr la sostenibilidad de un proyecto de redes inalámbricas no es el resultado de la aplicación de un conjunto de pasos definidos, ya que cada proyecto tiene sus propias características, se deben identificar y revisar los factores que influyen en la sostenibilidad de su proyecto particular. Sin embargo, sí podemos mencionar algunos aspectos que en diferentes proyectos y experiencias se han detectado como relevantes para lograr la sostenibilidad.

1. La sostenibilidad debe ser considerada como algo transversal al proyecto, desde la etapa de diseño del proyecto, durante su ejecución y tras su finalización.
2. Para lograr la sostenibilidad es necesario realizar acciones concretas, hacer revisiones, plantear modificaciones.
3. Los criterios que planteamos para lograr la sostenibilidad de nuestro proyecto podrán cambiar si al avanzar encontramos que hay mejores soluciones. En este sentido se habla del concepto ***Bricolaje*** que significa hacer pequeños ajustes mediante la combinación de recursos a la mano, aplicando herramientas conocidas y al alcance para resolver nuevos problemas o cambios que ocurren en el entorno y que afectan la sostenibilidad del proyecto. La práctica y la situación muestran nuevos usos y aplicaciones de la tecnología.
4. El monitoreo y evaluación de la sostenibilidad debe ser hecho por todas las personas involucradas con la red (socios, receptores, donantes), y durante todo su ciclo de vida.
5. Es importante que al realizar un proyecto se siga una metodología que permita hacer un análisis detallado del proyecto y desde diferentes puntos de vista.
6. Establecer la misión del proyecto, tener objetivos claros, definir actividades y resultados esperados permite tener una visión precisa y unificada del proyecto para todas las personas involucradas.
7. Las soluciones propuestas por el proyecto deben ser sencillas y adaptadas a las necesidades de diferentes grupos presentes en la comunidad.
8. Generar capacidad técnica local permite dar rápida solución a los problemas.
9. Dado que la sostenibilidad es un proceso dinámico que depende de muchos factores, es necesario tener una visión global del proyecto y analizar cuáles son los factores más relevantes que influyen en él.



"Agricultural information system", Huaral Valley – Perú[2]

Este proyecto cuenta con una red de telecentros interconectados a través de una red inalámbrica, por medio de los cuales campesinos y campesinas del valle pueden consultar información agraria.

La red tenía dificultades para cubrir sus costos de mantenimiento (falla en sostenibilidad financiera). Para sobrellevar los costos, la organización gestora del proyecto decide cobrar en la tarifa de agua 1 dólar adicional para subvencionar los costos de mantenimiento de la red, decisión con la que un grupo de agricultores no está conforme, sobre todo, la oposición a la dirigencia (falla en sostenibilidad social). Aplicando ***bricolaje*** se decide que en los telecentros se inicie una campaña de capacitaciones gratuitas sobre computación e Internet a todo aquel agricultor que esté interesado. En consecuencia, con esta medida se está asegurando la sostenibilidad financiera, social, a costa de haber cambiado un poco y por un período de tiempo el objetivo principal (de proporcionar información agraria a brindar capacitaciones en computación e Internet en los telecentros).

4. Factores a considerar para lograr la sostenibilidad de redes inalámbricas comunitarias

La experiencia mundial y latinoamericana muestra muchos casos de 'proyectos TIC' no sostenibles. Entre las razones se encuentran los altos costos asociados a la provisión de conectividad (especialmente la conectividad satelital) y de los equipos, a la falta de personal local que pudiera hacerse cargo de la operación y mantenimiento de las redes a un costo razonable, y a veces también, a la dificultad de promover un uso efectivo de las nuevas tecnologías entre la población beneficiaria.

Al existir características diferentes para cada proyecto, no es posible crear un modelo organizativo, financiero o tecnológico único que pueda plantearse como solución para lograr la sostenibilidad de cualquier red, pero se pueden considerar una serie de factores que resultan más relevantes de acuerdo con el contexto y que deben ser contemplados para plantear un modelo de trabajo que si será de utilidad para cualquier red inalámbrica.

Para identificar algunos de los factores clave que pueden afectar la sostenibilidad de redes inalámbricas comunitarias analizaremos cada una de las dimensiones de la sostenibilidad. Es recomendable que usted realice su propio estudio e identifique otros factores particulares que quizá puedan ser relevantes y no estén incluidos en este documento.

2. http://www.huaral.org/SIA/

4.1 Sostenibilidad social

La sostenibilidad social y cultural, se alcanza cuando la red pasa a ser considerada por la comunidad como un bien público que le es útil para lograr sus objetivos de desarrollo.

Para esto es necesario contar con la participación de la comunidad en todas las fases de desarrollo del proyecto, considerando sus necesidades reales y aprovechando el conocimiento local. La participación da paso al empoderamiento de las personas y a la apropiación del proyecto, generando además procesos de aprendizaje e innovación que permitirán encontrar mejores soluciones a las necesidades.

Algunos de los factores a considerar para revisar la sostenibilidad social son:

1. Entender el contexto, de manera que la solución ofrecida se adapte al entorno local, a sus valores y necesidades. Para esto se pueden utilizar reuniones con la comunidad, investigaciones de grupo, encuestas, etc.
2. Identificar las necesidades de la comunidad: esto sólo se puede hacer con la comunidad. Así podrá determinar servicios que sean realmente útiles para las personas y que pueden por tanto ser exitosos para la red. Generalmente en el campo de telecomunicaciones los grupos a los que se accede con una red inalámbrica comunitaria son mercados no explorados y que tienen sus propias necesidades que deben ser identificadas para proveer soluciones adecuadas.
3. Lograr el compromiso de actores clave, personas que hagan parte de las decisiones así como de miembros de la comunidad con conocimientos técnicos y/o administrativos, que puedan prestar sus servicios al proyecto sin incurrir en los costos adicionales de traer consultores externos.
4. Apropiación y empoderamiento de la red por parte de la comunidad: Para esto es recomendable que personas de la comunidad hagan parte del equipo que instala o mantiene la red, lo cual ayudará a que la comunidad comprenda las necesidades y el trabajo que implica. Además involucrar a la comunidad en la toma o validación de decisiones relevantes de manera que sean propietarios, actores y gestores del proyecto a través de comités, reuniones informativas, entre otros.
5. Identificar los diferentes grupos sociales existentes en la comunidad (mujeres, niños, jóvenes, ancianos, indígenas, minusválidos, etc.) y definir usuarios potenciales, intereses, roles. Cada grupo tendrá su propia percepción de la tecnología, sus propias necesidades y el proyecto puede tener implicaciones sociales diferentes sobre cada grupo. Es importante por ejemplo considerar los beneficios que pueda traer a la comunidad y al proyecto el desarrollo de estrategias equitativas, donde hombres y mujeres participen por igual.
6. Las metas deben ser compartidas y alineadas entre el equipo del proyecto y los actores locales.

4.1.1 Identificando los servicios de la red

Para definir los servicios que prestará a través de su red inalámbrica, es necesario identificar aquellos que son realmente útiles para la comunidad. Muchas veces los servicios no cubren las necesidades reales y esto hace que las personas no los utilicen o no estén dispuestas a pagar por su uso, afectando la sostenibilidad financiera y social del proyecto.

Piense en soluciones sencillas y que puedan ser replicables, esto puede abrir puertas a la replicabilidad de su proyecto en otras comunidades y a la consecución de recursos.

Identifique diferentes servicios que pueden ser prestados, pueden ser servicios básicos como navegar por internet, consultar correo electrónico, utilizar servicios de chat; u otros más especializados como comunicaciones de voz (VoIP) o aplicaciones "store-and-forward" en dónde mensajes de voz son grabados y enviados asincrónicamente a internet, por ejemplo en el proyecto WiFi Itinerante en Alto Verá, Paraguay[3].

Determine las necesidades de información y conocimiento de la comunidad, esto le dará mayor claridad sobre los posibles convenios a establecer de forma que sea posible realizar cursos virtuales o procesos de colaboración electrónica que facilitan la consulta e intercambio de información sobre temas específicos. Este es el caso del Sistema de Información y Comunicación Camari de Ecuador[4], que cuenta con redes inalámbricas para conectar algunos de sus centros de acceso a internet (infocentros) a través de los cuales las comunidades campesinas y artesanas pueden acceder a información sobre productos, precios, mercados, etc.

Otra opción que puede estudiar es vincular a la comunidad o a algunas de sus organizaciones a redes de comercio electrónico que les brinden más posibilidades de comercializar sus productos y obtener buenos precios a través de estrategias de comercio justo.

Existen otras alternativas como favorecer la intermediación financiera facilitando a los/las emigrantes hacer llegar dinero a sus familiares o servir como plataforma para el acceso a servicios electrónicos del Estado a nivel nacional o regional. Del mismo modo, es posible proveer servicios de gobierno electrónico y gobernabilidad local.

También puede plantear la posibilidad de implementar aplicaciones locales que permitan por ejemplo monitorear recursos naturales y luego dar esta información a la comunidad, o sistemas de información internos para distribuir información entre las personas asociadas en cooperativas u otras organizaciones.

Se puede extender la utilidad de una red inalámbrica brindando conexión a otras organizaciones, trabajando como un pequeño proveedor de servicios o microtelco, sobre esto se hablará más adelante, cuando se analice la sostenibilidad financiera.

3. http://www.paraguaysilvestre.org.py/documentos.php
4. http://negocios.camari.org/sobre-camari/relaciones.html

Tenga en cuenta otros medios de comunicación de la comunidad como emisoras, periódicos locales, redes celulares, la convergencia con otros medios le puede permitir ampliar la cobertura de la red inalámbrica a más personas. Recuerde además que no sólo los computadores pueden ser clientes de una red inalámbrica, también existen otros dispositivos como PDAs o teléfonos móviles que pueden aprovechar una red Wi-Fi para acceder a servicios.

Al plantear los servicios considere si su utilización genera cambios demasiado radicales a la comunidad. Es importante que los servicios que provea a través de su red no alteren en gran medida la vida cotidiana de los usuarios/as por ejemplo el uso de un computador puede ser muy problemático para algunas personas, mientras el uso de servicios como el del VoIP a través de teléfonos comunes se presenta como algo más sencillo y conocido.

Para seleccionar servicios se requiere además considerar aspectos de política local e institucional, prioridades de los actores de desarrollo, capacidades de los recursos humanos, disponibilidad tecnológica y de recursos financieros, así como principios de desarrollo comunes a las instituciones promotoras. En resumen, se deben considerar todas las dimensiones de la sostenibilidad.

Es importante promover el uso de la tecnología entre las personas de la comunidad y realizar procesos de capacitación para que se animen a utilizar los servicios, sin embargo también es factible que sean las personas clave quienes utilicen ciertos servicios y que luego sean intermediarias con la comunidad.

4.2 Sostenibilidad legal y política

Para tener sostenibilidad legal la implementación de la red se debe hacer dentro del marco legal vigente, por ejemplo en algunos de los países de Latinoamérica y Caribe el uso de las bandas de 2,4 GHz y 5GHz es libre, aunque con restricciones en cuanto a potencia y ganancia de antena, pero existen casos como el de Paraguay en donde la entidad reguladora de las telecomunicaciones ha asignado estas bandas del espectro radioeléctrico a una empresa particular.

El hecho de que existan barreras en la regulación ha sido superado por proyectos de redes inalámbricas como el Sistema de Información Agraria de Huaral[5], en donde para lograr la aprobación del proyecto fue necesario un período de tres años en los que se gestionó con los organismos reguladores el cambio de la regulación del país que no permitía el uso de enlaces de radio sin licencia.

De igual forma en el caso de servicios como el de VoIP, es conveniente documentarse primero sobre la regulación y cuestiones legales vigentes, ya que en algunos países aún no existe una reglamentación clara sobre su uso. La tendencia es que la tecnología de VoIP no debería tener ninguna reglamentación, sin embargo en varios paises la legislación no es obvia con el tema, por ejemplo para inicios del año 2008 en Colombia, es lícito usar servicios de VoIP pero no es evidente si es posible comercializarlo a terceras personas.

5. http://www.huaral.org/SIA/

En el proyecto de Huaral (Perú) mencionado anteriormente, se inició la prestación de servicios de telefonía IP desde los telecentros interconectados por la red. El servicio tuvo gran acogida por la población pero debido a que las normas exigían que éste sólo se pudiese brindar en ausencia de líneas telefónicas (que ya existían en la zona), debió ser restringido para llamadas internas entre los puntos conectados a la red.

La sostenibilidad política depende de que la red cuente con aceptación política, es decir que las autoridades competentes tengan políticas de apoyo que puedan ser de utilidad para lograr alguna financiación de la red o cambios de reglamentación requeridos para su funcionamiento. Otro factor influyente es la estabilidad política, si la existencia de la red depende en gran medida del gobierno de turno y éste está sujeto a cambios electorales, proceso de descentralización, corrupción, tensiones internas, la sostenibilidad de la red está en riesgo y deben tomarse medidas preventivas.

También se deben considerar procesos de apertura de los países en materia de competencia en la industria de las telecomunicaciones, lo cual puede causar impactos de mediano y/o largo plazo en su proyecto, por lo que debería ser tenido en cuenta en el momento del diseño de la estrategia de sostenibilidad.

Algunos otros factores que ponen en riesgo la sostenibilidad son la excesiva burocracia que puede hacer que los trámites se demoren más de lo presupuestado y las imposiciones políticas no aceptadas por la comunidad.

Una herramienta importante para hacer influencia en las decisiones políticas y legales es la capacidad de mostrar efectos e impactos del proyecto en el desarrollo de la comunidad y de sus integrantes.

4.3 Sostenibilidad organizativa

Para desarrollar sostenibilidad organizativa es importante adoptar un modelo organizativo que entre otras cosas permita determinar reglas de trabajo, establecer una estructura organizativa y definir el personal que se encargará de llevar a cabo las tareas requeridas para mantener la red, asegurando el compromiso y disponibilidad de las personas para la adecuada administración y operación de la red.

Otro aspecto valioso es la capacitación de personal local que pueda resolver problemas y encargarse de la red. En los procesos de formación no sólo hay que preocuparse de desarrollar habilidades técnicas sino que también se deben considerar capacidades requeridas en otras áreas como mercadeo, ventas, aspectos legales, etc. Además es conveniente que las personas que se vinculen al proyecto se identifiquen con sus objetivos y se sientan involucradas, de manera que se comprometan con el uso y administración de los recursos.

Por otro lado, no se puede olvidar la alta probabilidad de que las personas con un perfil profesional mejorado gracias a la inversión en su capacitación consigan otro trabajo y dejen el proyecto, por lo cual se recomienda realizar capacitaciones constantes y documentar la información clave (manuales de operación y funciones) para que esté disponible para el nuevo personal involucrado.

En este tipo de proyectos se ha visto que la participación de líderes locales de la misma comunidad es un aliciente a la continuidad del proyecto. Los líderes pueden ser muy variados como grupos religiosos, políticos, sindicatos, organizaciones agrícolas, profesores, etc. Cabe aquí mencionar que la estabilidad política entre las personas y organizaciones implicadas en la red, es un aspecto clave que influye en la sostenibilidad de los proyectos, si existen tensiones o lucha de poderes entre las partes, se hará más dificil tomar desiciones que incidan positivamente en el proyecto, por lo que es importante tener relaciones claras (con roles y objetivos definidos) y transparentes (rendición de cuentas) que faciliten el entendimiento y el trabajo con fines comunes.

4.3.1 Seleccionando un modelo organizativo

El modelo organizativo que seleccione dependerá de varios factores y no es posible definir un modelo único para todos los proyectos de redes inalámbricas comunitarias, de manera que se recomienda hacer un análisis completo de su proyecto y considerar los siguientes aspectos:

- Identifique los roles requeridos, para esto puede hacerse las siguientes preguntas:
    - ¿Quién administrará los recursos?
    - ¿Quién/quienes realizarán labores de instalación, estudios, mantenimiento, monitoreo?
    - ¿Quién/quienes serán responsables de la toma de decisiones importantes sobre precios, horarios, etc.?
    - ¿Quién/quienes se encargarán de identificar las necesidades y buscar convenios y/o servicios para satisfacerlas?
- Defina unas reglas básicas de trabajo (horarios, responsabilidades, compromisos, etc.).
- Establezca el tipo de contratación a realizar. Considere los aspectos legales (Sostenibilidad Legal)
- Identifique socios estratégicos dentro de la comunidad, es decir, personas u organizaciones clave y explore los beneficios que pueden obtener con algún tipo de convenio.
- Tenga en cuenta la participación de la comunidad, recuerde que este es un punto clave para lograr sostenibilidad social.
- Considere las actividades que requerirán la intervención de personal especializado (por ejemplo las relacionadas con torres donde se instalan las antenas) e identifique las organizaciones que pueden propocionarle el servicio y los posibles convenios.
- Sea cual sea el modelo organizativo que decida, tenga en cuenta que su organización debe estar dispuesta a cambiar si las condiciones lo ameritan. Es decir que la organización debe ser flexible a realizar cambios cuando se identifique que estos son necesarios.

En caso de que la administración de la red dependa de una organización previamente constituida, es conveniente trabajar por la institucionalización de los proyectos dentro de la organización, de manera que el proyecto se convierta en un tema de trabajo constante y disponga de los recursos básicos.

Por otro lado, si hay una organización gestora del proyecto, es conveniente que prevea la realización de seguimiento después del fin del proyecto para verificar que la comunidad continúa trabajando en él.

4.3.2 Capacitación de personal

La capacitación de las personas que participarán en el proyecto es clave. Primero identifique qué roles o perfiles son los requeridos para su proyecto y analice las capacidades de su equipo de trabajo. Esto le permitirá identificar las necesidades de capacitación de las personas actualmente involucradas y de otras personas y grupos de la comunidad que eventualmente podrán ser capacitadas para ayudar en las labores o reemplazar al personal que salga del equipo de trabajo.

Al brindar capacitaciones recuerde que la experiencia práctica es algo esencial, por lo cual es recomendable que las personas que se vayan a involucrar en el trabajo de la red inalámbrica participen de las labores de instalación o mantenimiento.

Si las actividades de mantenimiento implican la realización de trabajos especiales como el ascenso a torres, es posible que requiera personal calificado o capacitación especial para su equipo, lo cual puede demandar mayor tiempo y recursos además de cuidados y seguros especiales para su ejecución.

También es importante trabajar en la concientización del equipo de trabajo, logrando que el personal vinculado tenga claros los objetivos y la misión del proyecto para que reflexionen y entiendan su relevancia en la comunidad.



"Piloto de red Mesh en Sopachuy"- Bolivia -IICD[6]

En un proyecto piloto de una red mesh instalada en Sopachuy - Bolivia, la instalación de los equipos se hizo con la colaboración de personal técnico local junto a otras organizaciones. Esto permitió lograr una instalación robusta y el personal local adquirió conocimientos para probar software y equipos, de manera que estuviera en capacidad de encargarse del mantenimiento y operación de la red. Además se realizaron capacitaciones en gestión organizativa.

Por otro lado el proyecto buscó compartir la mayoría de los costos (especialmente los de acceso a internet) con socios estratégicos a quienes compartir su enlace satelital a través de la red mesh, favoreciendo también la sostenibilidad financiera.

6. http://www.iicd.org/articles/iicdnews.2005-09-09.1626802681/

4.4 Sostenibilidad tecnológica

La sostenibilidad tecnológica no debe ser confundida con el concepto de "tecnología sostenible". La sostenibilidad tecnológica hace referencia a la selección de una tecnología que se adecue al entorno y que pueda mantenerse por un período largo, por lo que podría relacionarse mejor con el concepto de "tecnología apropiada".



Tecnología sostenible: son tecnologías que usan menos energía, menos recursos limitados, no disminuyen los recursos naturales, no contaminan el ambiente directa o indirectamente y pueden ser reutilizados o reciclados al final de su vida útil.

Tecnología apropiada: se enfoca en el uso de tecnología apropiada al contexto, considerando particularmente las necesidades de personas de países en desarrollo.

Algunas de las características de la tecnología que se deben considerar para lograr sostenibilidad tecnológica son:

- **Que se pueda mantener:** La sostenibilidad implica el mantenimiento sin mayores cambios de la tecnología por un periodo de tiempo, pero debe considerarse en nuestro caso la velocidad con que estándares y equipos van presentando innovaciones que mejoran las características de las redes por lo cuál se debe investigar e indagar sobre tecnologías que no se vuelvan obsoletas en corto tiempo.

Verifique además que los equipos utilizados sean fáciles de reemplazar o reparar, en este sentido también es importante contar con capacidad local para realizar este tipo de mantenimiento de la red. Estudie los productos disponibles en el mercado local ya que seguramente le podrán brindar mayores garantías y a más bajo costo.

- **Financieramente accesible**: es conveniente buscar tecnologías cuyos costos no sean demasiado altos, esto sin sacrificar la calidad de los servicios proporcionados a través de la red. Pueden por ejemplo encontrarse excelente soluciones de software libre que potencia las capacidades de algunos dispositivos como los enrutadores y no implica costos adicionales.
- **Apropiada:** la tecnología debe ser apropiada para el contexto local, para lo cuál se deben tener en cuenta los diferentes grupos a los que afecta y sus necesidades, esto permitirá plantear diferentes alternativas que pueden no ser las usuales.



WiFi Itinerante – Alto Vera, Paraguay[7]

Este proyecto permitía la conexión asincrónica a internet de poblaciones aisladas. Cinco localidades remotas del departamento de Itapua podían acceder a servicios de Internet en diferido: consulta de páginas web, correo electrónico, buzón de voz. Para lograrlo utilizaban un vehículo con un punto de acceso móvil que recorría 4 localidades recolectando y distribuyendo información y que luego se sincronizaba conectándose a internet para descargar la información de las comunidades y guardar la información solicitada. Esta solución se construyó considerando las dificultades topográficas, se utilizaron enlaces de radio de corta distancia y antenas de bajo costo. Actualmente, el proyecto ha cambiado la estrategia de conexión proporcionando conectividad en tiempo real.

- **Flexible:** la tecnología debe permitir a la red adaptarse a nuevas necesidades que vayan surgiendo en la comunidad.
- **Adaptable a nuevas tecnologías:** es conveniente que la tecnología utilizada pueda actualizarse y acomodarse a cambios tecnológicos, de manera que la red no se limite al uso de un solo tipo de dispositivos o estándares.
- **Fácil de operar:** si su red tiene una tecnología muy compleja quizá será difícil formar a personal local para que la maneje, haciendo necesario recurrir a personal externo o especializado lo cual puede subir los costos de mantenimiento de la red o hacer más difícil la atención de problemas.

Al analizar la solución tecnológica use su creatividad y busque adaptar las herramientas para dar la mejor solución a los problemas locales.

Al implementar una red inalámbrica considere los diferentes sistemas y equipos a enlazar: sistema de energía, enrutadores inalámbricos, antenas, software, computadores, red de acceso, etc.

Para cada componente de su red considere diferentes opciones disponibles, así en el caso del sistema de energía tenga en cuenta que las alternativas pueden ir desde generadores eólicos hasta paneles solares. Contemple diferentes alternativas de los equipos requeridos ya que puede encontrar soluciones que operan muy bien y tienen costos razonables, estudie sus características, disponibilidad en el mercado local y la garantía en su país. En el caso de los equipos de enrutamiento por ejemplo, considere diferentes marcas y referencias (Meraki, Cisco, Mikrotik, etc.).

7. http://www.paraguaysilvestre.org.py/documentos.php

Si es posible seleccionar el firmware de los dispositivos, puede buscar entre las soluciones de software libre disponibles que en muchos casos potencian las características de sus equipos. Asimismo, al seleccionar el software para los servicios que prestará a través de la red considere distintas opciones: las soluciones de software libre podrían evitarle costos de licencias, aunque también puede encontrar soluciones de software propietario de bajo costo. Asegúrese de buscar aplicaciones que respondan a las necesidades de su red y de los servicios a proporcionar, además cerciórese de que las herramientas sean sencillas de manejar, o de dar la suficiente capacitación a las personas que deban interactuar con ellas.

En cuanto a la decisión sobre la tecnología de acceso a internet considere las redes de acceso más asequibles por distancia, costo y eficiencia; si la red está próxima a un centro urbano, probablemente encontrará opciones como DSL o fibra óptica, pero si la zona está muy alejada y/o con posibilidades de línea de vista a un lugar más poblado, la mejor opción podría ser un enlace Wi-Fi de larga distancia o un enlace satelital.

Otro aspecto importante son los estándares que utilizará para la operación de la red, recuerde que constantemente se están realizando innovaciones en este sentido y es importante seleccionar una opción que no sea obsoleta demasiado pronto, pero teniendo cuidado de no incurrir en costos muy altos. Cuando un estándar es nuevo, generalmente los equipos son un poco más costosos. Si debe seleccionar un estándar anterior, asegúrese de que sea compatible con otros más recientes.

Considere también otros elementos como los cables, las conexiones a tierra y la seguridad de la red, estudie diferentes alternativas disponibles, en otros módulos del material de Tricalcar encontrará información al respecto.

Recuerde que los equipos tienen una vida útil y seguramente en un tiempo requerirá reemplazar o hacer mantenimientos que son inevitables. Procure mantener actualizada su red, puede que los usuarios/as no requieran las últimas tecnologías, pero hardware muy desactualizado no puede trabajar con los últimos programas.



A veces puede ser más costoso legalizar, reparar o actualizar equipos viejos recibidos en donación que adquirir nuevos equipos.

Sin el desarrollo de personal local mencionado para la sostenibilidad organizativa es difícil tener sostenibilidad tecnológica ya que no se tendrá personal capacitado para manejar, mantener y reparar.

El equipo técnico del proyecto *Sistema de Información Agraria del Valle Chancay-Huaral*[8] comparó de la siguiente manera las alternativas de tecnologías VSAT y WiFi para escoger la que tenía mejores posibilidades de ser tecnológicamente sostenible para sus enlaces:

Conectividad a Internet para un telecentro rural ubicado a 10 kilómetros de una zona urbana con acceso regular a telecomunicaciones.

8. http://www.huaral.org/SIA/

Entre el telecentro rural y la zona urbana existe línea de vista.

+Que se pueda mantener

VSAT	El mantenimiento generalmente es centralizado por el proveedor
WiFi	Las antenas, cables, y access point de reemplazo pueden ser conseguidos en los mercados locales. El mantenimiento de las torres de comunicación es una labor para la que es posible entrenar a personal local.

+Financieramente accesible

VSAT	Altos costos mensuales de acceso a Internet. Altos costos de instalación.
WiFi	Mucho más accesible. Tiene altos costos de instalación pero bajísimos costos de mantenimiento y operación. Estudios en la selva peruana demuestran que luego de un año con WiFi se gasta en Internet y teléfono la mitad de lo que se gasta con VSAT.

Restricciones de línea de vista

VSAT	Solo se requiere que exista línea de vista con el respectivo satélite, lo cual es normalmente muy fácil de conseguir.
WiFi	Se requiere línea de vista entre la estación base y cada cliente, condición que depende de la topografía.

+ Flexible

VSAT	La adaptación hacia nuevas necesidades de la comunidad requiere la participación/aprobación del proveedor de servicios.
WiFi	Adquiriendo equipamiento WiFi adicional la comunidad puede, por ejemplo, brindar servicio de Internet a terceros (WISP), implementar una red mesh, etc. Adicionalmente, el que WiFi sea interoperable permite a la comunidad complementar la red con equipos de otras marcas pero del mismo estándar.

+Adaptable a nuevas tecnologías

VSAT	Cualquier cambio deberá ser realizado por el operador del sistema y no por la comunidad. Muchas instalaciones, por ejemplo, están basadas en Windows y no permiten cambiar el sistema operativo.
WiFi	Las implementaciones de WiFi donde los radios son extraibles permiten el reemplazo de tarjetas inalámbricas y con esto el cambio de bandas de frecuencias, estándares y potencias de transmisión. Por medio de cambios de software se pueden implementar

	fácilmente nuevas funcionalidades, como Calidad de Servicio (QoS), redes en Mesh y cualquier otra que se desarrolle en el tiempo.

+Fácil de operar

VSAT	Tecnología de operación principalmente restringida al proveedor.
WiFi	Tecnología bastante fácil de aprender y operar.

+Retardo de transmisión

VSAT	Los satélites geoestacionarios están a 36000 km de distancia por lo que el tiempo de propagación de las ondas de radio implica un retardo que afecta cierto tipo de servicios.
WiFi	El tiempo de propagación es insignificante.

Luego de comparar las características de ambas tecnologías, el resultado fué que la tecnología que tenía mejores posibilidades de ser tecnológicamente sostenible es la tecnología WiFi.

4.5 Sostenibilidad financiera[9]

Decíamos, a manera de crítica, que muchas veces la concepción de sostenibilidad de un proyecto se limita a su sostenibilidad financiera. Esto tampoco significa que esta dimensión de la sostenibilidad sea poco importante, sino que para lograr sostenibilidad hay que considerar también otros aspectos.

La sostenibilidad financiera hace referencia a la capacidad de contar con los recursos económicos para que la red se mantenga operando.

Una herramienta clave para conseguir sostenibilidad financiera de este tipo de proyectos es desarrollar un plan de negocios. Este plan debe establecer los costos esperados de inversión y mantenimiento. En los costos de mantenimiento considere los costos de los servicios que se prestará a la comunidad de acuerdo con las necesidades identificadas. (Vea la tabla de costos para mayor información).

Además el plan de negocios debería mostrar cuando la red alcanza el punto de equilibrio, es decir, mostrar en qué momento los ingresos serán iguales o mayores a los egresos, de manera que el proyecto pueda sobrevivir sin apoyo externo. Este plan de negocios debe ser monitoreable y reajustable. Si no alcanzamos nuestras metas a mediano plazo seguramente se deberá cambiar algo (¡hacer bricolaje!) para modificar el rumbo.

9. Nuestro agradecimiento especial a Laura Drewett (Adapted Consulting) y al equipo del libro Wireless Networking in the Developing World. Capitulo 10: Economic Sustainability, de quienes se tomaron varias de las ideas presentadas en esta sección.

Cuando los recursos son de ONGs, generalmente los proyectos que se plantean son sin ánimo de lucro, sin embargo las utilidades que puedan alcanzarse podrían utilizarse para reinvertir en la red, por ejemplo en actividades de mantenimiento o de mejoras a los servicios prestados.



Costos de inversión: Los gastos de inversión incluyen los materiales y equipos, además del personal requerido para realizar los estudios, la instalación y puesta en marcha de la red.

Costos de mantenimiento: Al calcular los gastos de mantenimiento haga estimaciones realistas, tenga en cuenta la depreciación[10] de los equipos. Considere materiales, recursos humanos y la necesidad de reemplazar equipos al cabo de un tiempo.

10. Depreciación: perdida de valor de los activos fijos (equipos, muebles, etc) debido al uso al que se los somete. A medida que avanza el tiempo del servicio que prestan, el valor contable de dichos activos disminuye.



Unidad 19: Guía básica de estrategias de sostenibilidad para redes inalámbricas comunitarias

Desarrollado por: *Equipo del proyecto Tricalcar*

	Costos de inversión	***Costos de mantenimiento***
Costos Laborales	Consultorias y revisiones • Definición de costos de programación, pruebas e integración • Costos de instalación • Costos de reclutamiento de personal • Costos de capacitación (inducción)	• Costos de mano de obra, salarios para empleados/as y contratistas incluido/a usted • Costos de mantenimiento y soporte de equipos (software, hardware y equipos auxiliares) • Seguridad del personal • Costos de capacitación (actualización)
Costos Materiales	• Costos de adquisión y producción (hardware como computadoras, equipos satelitales o de radio enlaces, software) • Equipos auxiliares (p.e. switches, cables y cableado, generadores, UPS, etc.) • Seguridad y protección de datos • Inventario para iniciar (sillas, mesas, iluminación, alfombras, cortinas, etc.) • Costos del local (nuevas construcciones, modificaciones, aire acondicionado, instalaciones eléctricas, rejillas de	• Costos de operación de hardware y sistemas operativos (Acceso a internet, teléfono, etc) • Valores de rentas o leasing • Depreciación de equipos y hardware • Valores de licencias • Suministros e insumos de oficina (ej: papel, clips, carpetas, cosedoras/ grapadoras) • Costos de operación para mantener la seguridad y protección de datos • Primas de seguros • Costos para pago de energía y para asegurar su suministro

	Costos de inversión	*Costos de mantenimiento*
	seguridad) • Costos legales como el registro del negocio • Costos iniciales de licencias • Costos iniciales de mercadeo (folletos, afiches, fiesta de apertura)	• Pagos de préstamos, costos para pagar los gastos de inicio • Costos de anuncios • Impuestos locales • Servicios legales y de contabilidad

Tabla de categorías de costos[11]

Debe definir cuáles serán las fuentes de estos recursos, plantee diferentes escenarios: venta de servicios, con o sin ayuda externa, pago de gastos por organizaciones socias, entre otros.

Si va a financiar una parte de los gastos con la venta de servicios no olvide mantener facilidades para el acceso a los servicios por parte de las personas a quienes va dirigido el proyecto. Para elaborar correctamente su plan de negocios debe haber establecido los servicios que va a prestar. Para seleccionar posibles servicios no sólo se requieren estudios de mercado luego de haber identificado necesidades, capacidades y costumbres de comunicación por parte de la comunidad. Identifique servicios por los que la comunidad estaría dispuesta a pagar, garantice su calidad y logre que los diferentes grupos presentes en la comunidad tengan claros los beneficios que éstos les proporcionarían. No invierta en servicios costosos si no tiene la seguridad de que son útiles y viables.

Es muy importante que haga un estudio detallado para determinar los costos de estos servicios; para esto considere los costos en los que incurre para prestar el servicio, examine los precios de los competidores y la posibilidad de que la comunidad pueda pagar por los servicios.

Un plan de negocios bien elaborado le ayudará a promover su proyecto ante organizaciones que pueden ayudar a cubrir los gastos iniciales o que aporten ingresos adicionales.

Analice el valor económico que la red proveerá a la comunidad, demostrando los beneficios que obtendrán los usuarios debido a ahorro en gastos, aumento de la eficiencia de los negocios o incremento en las ganancias.



La red debe desarrollar un conjunto de servicios diferenciados que le puedan generar ingresos. Pero estos servicios no deben ir en contra de ningún aspecto de la sostenibilidad.

11. Source: *Wireless Networking in the Developing World , Chapter 10 – Economic Sustainability*

Busque mantener los costos bajos, sin que esto afecte la calidad del servicio. Por ejemplo busque alternativas para la ubicación de antenas, puede utilizar terrazas de edificaciones o compartir una torre con algún operador. Otra forma de bajar los costos puede ser el uso de software libre o contar con equipos de personas voluntarias o practicantes de universidades que participen en la atención o provisión de algunos servicios.

Plantee alternativas, como el caso del piloto de la red mesh en Sopachuy, Bolivia[12] para el cual se propuso como estrategia de financiamiento compartir los gastos entre al menos 4 socios que asumirían el 95% de los costos (ej: gobierno, hospital, colegio, cooperativas de microcrédito, asociaciones campesinas).

4.5.1 Para definir un modelo financiero

La definición de un modelo financiero para su red debe realizarse considerando que existen muchos factores particulares y que no existe un modelo único que pueda considerarse como estándar para todos los proyectos. Antes de definir un modelo financiero se recomienda realizar un análisis interno (competencias, habilidades, conocimientos, capital, ventajas competitivas) y externo (análisis de la demanda, análisis de la competencia, cadena de suministro, análisis de riesgo) de su proyecto. Es preciso, además, escoger el modelo financiero que mejor pueda encajar con los objetivos de su proyecto.

Existen diferentes alternativas y el modelo que finalmente seleccione dependerá de la creatividad y capacidad para encontrar la mejor opción para su contexto, considerando las oportunidades y limitaciones de su proyecto. A menudo los proyectos inician con el apoyo económico de agencias de cooperación, organismos del gobierno u otros actores que sugerirán un modelo de financiación inicial, pero es importante que considere la situación a futuro y empiece a diseñar el modelo que se utilizará cuando esos actores ya no estén presentes o las condiciones del proyecto cambien.

A continuación algunos posibles modelos financieros:

- La comunidad entera es la dueña de la red inalámbrica, todo el equipo es donado por benefactores o adquirido por la misma comunidad y todo el trabajo es hecho por voluntarios. Desde luego que se tienen gastos, como el equipo, la energía e Internet. Ejemplos de este modelo pueden ser las redes libres como Chile sin Cables[13], que brindan acceso libre a varios recursos disponibles en la red y en donde un equipo de personas voluntarias se encargan de las instalaciones y el mantenimiento de la red.
- Una ONG que recibe una subvención de un donante para conducir el proyecto, puede subvencionar los gastos de inicio, así como los gastos recurrentes durante un período específico de tiempo (del principio al fin del proyecto). Los miembros de comunidad también pueden contribuir a los ingresos comprando y utilizando servicios.

12. http://www.iicd.org/articles/iicdnews.2005-09-09.1626802681/
13. http://chilesincables.org/

- Patrocinio del gobierno, que puede tener un equipo de gestión de proyecto, una agencia gubernamental, u otro grupo para supervisar operaciones del proyecto y proporcionar el apoyo de dirección.
- El personal, el equipo y gastos son compartidos entre organizaciones diferentes y/o individuos. Los miembros de la cooperativa pagan el acceso a Internet y a su vez consiguen nuevos/as clientes. Las ganancias son compartidas entre los miembros, y todos los miembros son responsables de cualquier pérdida. Este caso es similar al esquema propuesto con el piloto de la red mesh en Sopachuy, Bolivia[14].

Existen varias posibilidades y un proyecto de redes inalámbricas comunitarias podría adaptarse a una combinación de actores y modelos, por ejemplo el caso de las Microtelcos que son pequeños operadores que operan redes y prestan servicios de telecomunicaciones en lugares poco atractivos para los grandes inversionistas, estas pueden ser el resultado de convenios entre diferentes organizaciones, empresas, gobierno, etc. Las microtelcos se caracterizan por el uso de tecnologías de bajo costo e innovadores modelos de negocio que tienen fuertes vínculos con la comunidad.

Muchos proyectos de telecentros interconectados por redes inalámbricas también han adoptado el esquema de distribución de redes, brindando conexión local a Internet lo cual amplia las posibilidades de conexión para personas y organizaciones de la comunidad.

En el caso del proyecto Sistema de información Agraria en el Valle de Huaral[15], la red provee el acceso a algunos clientes entre instituciones públicas y pequeñas empresas con las que se establece acceso punto a punto. El dinero que se recoge por brindar este servicio cubre parte de los costos de conectividad para todo el proyecto.

5. En conclusión …

La sostenibilidad no solo se debe enfocar en la permanencia de la red en una comunidad sino en el mantenimiento de sus beneficios. Esta debe ser tenida en cuenta durante todas las fases del proyecto, no solamente al finalizar la implementación de la red, y se deben considerar cada una de las dimensiones de la sostenibilidad: social, política, organizativa, tecnológica y financiera.

Aspectos como la participación comunitaria, identificación de grupos y sus necesidades dentro de la comunidad, vinculación de la comunidad en la toma de decisiones y en actividades de operación/mantenimiento de la red, oferta de empleo digno, entre otras, pueden incidir en gran medida en diferentes dimensiones de la sostenibilidad de su proyecto.

14. http://www.fao.org/rdd/case_details_EN.asp?pub_id=216344&lang=EN
15. http://www.huaral.org/SIA/

Se debe hacer seguimiento de la sostenibilidad en todas las etapas del proyecto, de manera que sea posible plantear nuevas estrategias y actividades; en este sentido, se plantea el concepto de Bricolaje, que consiste en hacer pequeños ajustes aprovechando los recursos que están a la mano.

Existen varios factores que inciden en diferentes dimensiones de la sostenibilidad; es necesario, entonces, que se identifiquen los factores más relevantes de acuerdo con el contexto del proyecto y se establezcan acciones concretas para lograr la sostenibilidad de su proyecto.

6. Recursos disponibles

6.1 Bibliografía recomendada

Bailur, S. (2007). The complexities of community participation in ICT for Development projects: the case of "our voices". Presentado en: 9th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries, São Paulo, Brazil on 28-30 May 2007. http://www.ifipwg94.org.br/index.php

Bailur, S. y M. Ali. (2007). The challenge of "sustainability" in ICT4D – Is bricolage the answer? Presentado en: 9th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries, São Paulo, Brazil on 28-30 May 2007. http://www.ifipwg94.org.br/index.php

Bogotá: Alcaldía Mayor, Unión Europea, Desarrollo Institucional y Comunitario. Ciudad Bolívar, (2001). La sostenibilidad de los proyectos de cooperación internacional: memorias/Seminario internacional, Bogotá, octubre 4 y 5 2000.

Bossio, J. (2008). From an information System and Telecenter Network Project to a Community Network: Building financial sustainability through Social Sustainability. Tercera Conferencia acerca del Conocimiento Global GK3. Malasia 2007.

Delgadillo, K, R. Gómez y K. Stoll. (2002). Telecentros... ¿Para qué?: lecciones sobre Telecentros Comunitarios en América Latina y el Caribe. (¿Quito?), Fundación Chasquinet, IDRC. Disponible en http://www.idrc.ca

Drewet, L. (2007). Successful economics models. Presentado en: AirJaldi conference in Dharamsala , India 2006. Disponible en: http://resources.airjaldi.com/wp-content/uploads/2006/11/11_successful_economic_models.pdf

Drewet, L, Neumann, J, Howard, I. (2007). Wireless Networking in the Developing World. Chapter 10: Economic Sustainability. Disponible en: http://wndw.net/download.html#english

Diaz, A, Urquhart, C. (2007). The value of extended networks: information and communication technology intervention in rural Perú. Presentado en: 9th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries, São Paulo, Brazil on 28-30 May 2007. http://www.ifipwg94.org.br/index.php

Gómez, R. y B. Casadiego. (2002). Carta a la tía Ofelia: siete propuestas para un desarrollo equitativo con el uso de nuevas Tecnologías de Información y Comunicaión. Ottawa: IDRC. Disponible en http://www.idrc.ca

Gómez, R. y J. Martínez. (2001). Internet … ¿para qué?: pensando las Tecnologías de Información y Comunicación para el Desarrollo en América Latina y el Caribe. San José: Fundación Acceso.

Martínez, P. Organización y gestión de proyectos. Tema 6: Factores de viabilidad y sostenibilidad en un proyecto de desarrollo. Universidad Rey Juan Carlos España. Disponible en: http://www.escet.urjc.es/~pad/WEB2005/DOCENCIA/PROYECTOS/curso%202005%202006%20para%20la%20web/7%205%20Viabilidad%20y%20sostenibilidad%20de%20proyectos.pdf

Proenza, F. J. (2001). La sustentabilidad de los telecentros: Mitos y Oportunidades. Centro de Inversiones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Disponible en: http://www.imaginar.org/telecentros/sostenibilidad/

Schultze B. (2006). Potencialidades y desafios de las Redes Inalámbricas – Dos Nuevos Casos en Ecuador. Presentado en: Taller sobre Tecnología de Redes Internet para América Latina y el Caribe - WALC 2006, Quito Ecuado 2006. Disponible en: http://www.wilac.net/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=205

Tan, L. (2006). Taller 8: Nuevas Estrategias de Financiamiento Innovadoras. Conferencia Internacional: Conectando el futuro, estrategias para acortar las brechas de acceso a las telecomunicaciones 2006, Lima, Perú 2006.

Disponible en:http://www.imaginar.org/telecentros/sostenibilidad/

Tan, L. (2006). Taller 3: Modelos de Telecentros Experiencia del IICD en Bolivia. Conferencia Internacional: Conectando el futuro, estrategias para acortar las brechas de acceso a las telecomunicaciones 2006, Lima, Perú 2006.

Disponible en: http://www.osiptel.gob.pe/conferenciaregulatel/presentaciones/IICD%20L%20Tan_Taller%203%20Experiencias%20de%20Bolivia.pdf

6.2 Centros de Recursos

- **Sistema de Información Agraria, Valle de Huaral – Perú**

  http://www.huaral.org/SIA/

  http://www.fao.org/rdd/case_details_EN.asp?pub_id=216344&lang=EN
- **Piloto de red Mesh en Sopachuy"- Bolivia -IICD**

  http://www.iicd.org/articles/iicdnews.2005-09-09.1626802681/
- **WiFi Itinerante enAlto Verá, Paraguay**

  http://www.paraguaysilvestre.org.py/documentos.php
- **Sistema de Información y Comunicación Camari de Ecuador**

  http://negocios.camari.org/sobre-camari/relaciones.html
- **Chile sin Cables**

  http://chilesincables.org/

7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de éste, sólo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Unidad 20



Planeación de la implementación de una Red Inalámbrica

Alberto Escudero Pascual
Louise Berthilson
IT +46

Objetivos



Comprender que:

- Un buen **plan** necesita un **buen** presupuesto
- Un **buen** presupuesto demuestra que usted tiene un **buen** plan

Los objetivos NO son



- Proveer **el plan** para su implementación
- Proveer **el presupuesto** para su implementación

Tabla de Contenidos



- Estudio de viabilidad
- Plan de implementación
- Presupuesto
- Permisos y licencias
- Compras e importación
- Fase de implementación
- Contratos y aseguramiento de la calidad

Estudio de viabilidad



- ¿Cuál es la infraestructura física disponible?
- ¿Qué infraestructura técnica se está utilizando?
- ¿Dónde está el punto de alimentación/energía más cercano?

Estudio de viabilidad



- ¿Dónde está el punto de acceso a Internet más cercano?
- Condiciones de clima y terreno
- Accesibilidad de transporte
- Legislación (radio/torres)

Plan de Implementación

1) Topología de red
2) Simulaciones de radio
3) Selección de equipo

Plan de Implementación



- Topología de red
  - Torre central
  - Repetidores inalámbricos
  - Clientes

Plan de Implementación



- Simulaciones de Radio
  - Radio Mobile
  - Coordenadas GPS
- Cálculos del presupuesto de radio enlace
- Línea de vista visible

Selección de Equipo



- Funcionalidad (Calidad del servicio, conformación de tráfico)
- Rango de precio
- Disponibilidad
- Para interiores o exteriores

Presupuesto



- Presupuesto de hardware
- Recursos humanos

Presupuesto de Hardware



- Equipos de radio y red
  - Puesta a tierra, protección contra rayos
- Herramientas auxiliares
  - Equipo para escalar, radio transmisores, escalera, maleta, equipos GPS, mapas, binoculares, lámpara o linterna, cuerdas, cinta pegante, caja de herramientas estándar

Presupuesto de Hardware



- Electricidad
  - SAI (UPS), dispositivos solares, batería de reserva
- Infraestructura (torre / mástiles)

Grupos de equipos (kits)



- Concentrador central
- Repetidor inalámbrico
- Clientes para exteriores
- Clientes para interiores

Concentrador central



- Radio: punto(s) de acceso para exteriores
- Energía: Solar o por red
- Antena: Dependiendo del área de cobertura esperada
- Montaje: Montado en la torre central

Concentrador central



- Fluctuaciones de tensión eléctrica: Protección contra descargas
- Reserva de energía: Generador, batería de reserva, dispositivos solares

Repetidor inalámbrico



- Radio: Dos unidades para exteriores
- Energía: Solar o por red
- Antena: Dependiendo del área de cobertura esperada
- Montaje: Poste y soporte para montaje sobre la pared (más común)

Repetidor inalámbrico



- Fluctuaciones de tensión eléctrica y rayos: Protección contra descargas
- Reserva de energía: generador, batería de reserva, dispositivos solares, etc

Cliente inalámbrico para exteriores



- Radio: Una unidad para exteriores
- Energía: Red
- Antena: Antena direccional interna o externa dependiendo de la ganancia y distancia.

Cliente inalámbrico para exteriores



- Montaje: Poste y soportes para montaje sobre pared
- Fluctuaciones de tensión eléctrica y rayos: Protección contra descargas
- Reserva de energía: UPS

Cliente inalámbrico para interiores



- Energía: Alimentación por cable regular
- Antena: Antena direccional interna o externa con cable RF.
- Montaje: Poste y soportes para montaje sobre pared

Cliente inalámbrico para interiores



- Radio: Una unidad interna
- Fluctuaciones de tensión electrica y rayos: Protección contra descargas
- Reserva de energía: UPS

Instalación física





Recursos Humanos



- Carga de trabajo estimada
- Transporte local
- Hospedaje y permisos
- Comunicación
- Costos de administración

Licencias y Permisos



- Permisos para construir una torre (mire “Torres de comunicación”)
  - Propietario de la casa / torre / terreno
  - Autoridad que maneja la regulación del espacio aéreo

Licencias y Permisos



- Permisos para operar IEEE 802.11
  - Sin licencia (Licencia libre con limitaciones)
  - Licencia requerida

Licencias y Permisos



- “Sin licencia” implica que no se necesita una licencia
- “Sin licencia” no significa no regulado
- La potencia máxima está regulada

Licencias y Permisos



- La regulación varía de país en país.
- Normalmente las licencias son manejadas por el “Ministerio de comunicaciones”

Licencias y Permisos



- Brasil, Honduras, Nicaragua, Anguila, Jamaica, Colombia, México, Perú(*) y Venezuela
  - 2.4 y 5.8 GHz de uso libre con diferentes restricciones: potencia, ganancia de antena, espacios abiertos.

(*) zonas rurales

Licencias y Permisos



- Argentina, Ecuador, Costa Rica, El Salvador
  - 2.4 y 5.8 GHZ requieren registro, con restricciones
- Paraguay
  - 2.4 requiere concesión, licencia o autorización

Adquisición de Equipo



- Adquisición local
  - Equipos pesados y voluminosos
  - Producidos localmente
- Importaciones
  - Equipos no disponibles en el mercado local

Importaciones



- Reglas y regulaciones
  - Ministerio de hacienda
  - Cámara de comercio
  - Ministerio de comercio exterior

Documentos comunes de importación



- Inspección pre-envío
- Certificado de origen
- Factura comercial
- Seguro de transportes

Impuestos de importación e IVA



- Dependen del precio de las mercancias
- Dependen del tipo de mercancias
- Varía entre 0% - 20-30%
- Asegúrese de clasificar correctamente las mercancías

Impuestos de importación e IVA



- El IVA se adiciona sobre los impuestos de importación
- El IVA normalmente varía entre el 10-20%

Fase de implementación



- Antes de comenzar:
  - Adquisición y envío de equipos
  - Licencias y permisos obtenidos y pagados
- Tiempo de implementación (condiciones climáticas)
- Equipo del proyecto (experiencia)

Generalidades sobre contratos



- Tiempo de envío
- Transporte
- Instalación
- Garantía
- Tasa de cambio

Licitaciones públicas



- Prepare por adelantado una buena especificación
- Especifique que quiere y qué **no quiere**
- Permita que alguien más con experiencia revise su especificación. Involucre personas externas al proceso

Licitaciones públicas



- No olvide: pruebas y evaluación
- **Espera calidad, Demande calidad!**

Aseguramiento de la Calidad



- Pruebe el equipo y compare las etiquetas
- Revise las especificaciones
- ¿Qué quiere? ¿Cómo puede medirlo?
- ¿Qué puede garantizar?
- ¿Quién va a ser el culpable? :-)

Conclusiones



- No necesita ser un genio para planear y presupuestar la implementación de una red inalámbrica, sea realista y un poco “pesimista”
- Un buen plan de implementación desde el comienzo le ahorrará muchos problemas (y dinero) al final del proyecto

Conclusiones



- Presupueste también la conexión a Internet y a fuentes de alimentación en el sitio, licencias, protección contra rayos, transporte, herramientas
- Un presupuesto por si sólo no es un buen plan. Pero un buen plan tiene un buen y detallado presupuesto



Unidad 20: **Planeación de Red**

Autores: *Louise Berthilson, Alberto Escudero Pascual - IT +46*

Traducido por Colnodo

Tabla de contenido

1. Sobre este documento 3
1.1 Información sobre propiedad intelectual 3
1.2 Grados de dificultad 3
2. Introducción 3
3. Estudio de viabilidad 4
4. Plan de implementación 4
4.1 Topología de red con simulaciones de radio 4
4.2 Asuntos prácticos en la instalación 5
5. Presupuesto 5
5.1 Recursos de Hardware 6
5.1.1 Electricidad 7
5.1.2 Puesta a tierra y protección contra rayos 8
5.1.3 Herramientas 8
5.2 Recursos humanos 9
5.2.1 Transporte local 9
5.2.2 Gastos adicionales 9
6. Licencias y permisos 9
6.1 Mástil o torre 10
6.2 Permiso para operar en las frecuencias de IEEE 802.11 10
7. Adquisición del equipo 11
7.1 Adquisición Local 11
7.2 Importación 11
7.2.1 Inspección pre-envío 12
7.2.2 Certificado de origen 12
7.2.3 Factura comercial (Trading Invoice) 12
7.2.4 Seguro de transportes 13
7.2.5 Impuestos de importación 13
7.2.6 IVA 13
7.2.7 Homologación 13
8. Fase de implementación 14

8.1 Clima..... 14
8.2 Miembros del equipo..... 15
9. Consejo general sobre contratos..... 15
10. Aseguramiento de la Calidad..... 16
11. Conclusiones..... 17
12. Ejercicios..... 18
12.1 Ejercicio 1: Presupuesto y planeación de un enlace inalámbrico Punto a Punto (PtP)..... 18
13. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual..... 19

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <http://www.apc.org/wireless/>. El material fue actualizado y adaptado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual

Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo la misma licencia del trabajo original, la licencia Creative Commons **Atribución-No Comercial- Recíproco 2.5** Suiza.

Para conocer más sobre cómo usar este material y ver los términos completos de esta licencia consulte:http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/se/

1.2 Grados de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico”.

2. Introducción

Este documento se enfoca en la implementación práctica de una red inalámbrica en términos de la planificación del proyecto y la definición del presupuesto para equipos.Para lograr la definición de un buen y consistente *presupuesto, e*s necesario realizar un *plan detallado de implementación* de la red inalámbrica. Un buen plan de implementación no sólo debería considerar la ubicación física del equipo inalámbrico o la tecnología y el fabricante seleccionados, sino también los recursos extra que se requieren para poner a funcionar una red.

El plan de implementación también debe incluir aspectos de sostenibilidad. El presupuesto debería considerar además, recursos de reserva para cuando las cosas “vayan mal”. En esta unidad demostraremos cómo el hacer un buen plan de implementación, nos permite realizar un buen presupuesto en términos de equipos y logística.

Los costos finales de un *proyecto de redes inalámbricas* pueden sobrepasar fácilmente el presupuesto inicial si no se consideran otros aspectos (no relativos a la red inalámbrica) en el plan. Cuando construya redes inalámbricas, también debe considerar elementos que no correspondan directamente a la red. El asunto no es comprar la tecnología más costosa, sino tener un buen plan sobre cómo usarla.

Probablemente sentirá que la mayoría del contenido de esta unidad es bastante obvio, pero tenga en mente que el no olvidar las cosas obvias es lo que hará que su proyecto avance sin inconvenientes.

Un buen y detallado presupuesto no sólo demostrará que usted maneja todos los aspectos relacionados con la tecnología y su despliegue, sino también sus habilidades en la gerencia de proyectos.

3. Estudio de viabilidad

El proyecto debería comenzar con un estudio detallado de la viabilidad, que incluya una prospección de sitio práctica y teórica.

Para mayor información, por favor revise la unidad “Prospección de sitio para la implementación de redes inalámbricas”.

4. Plan de implementación

Para ir desde el estudio de viabilidad a la implementación real de una red se requiere de un plan detallado orientado a la práctica, un plan de implementación.

4.1 Topología de red con simulaciones de radio

El plan de implementación debería incluir la topología propuesta para la red. En la topología se debe identificar el concentrador central de la red (suponiendo que se trabaja con una topología de estrella). Además, la red podría requerir repetidores para alcanzar a todos los clientes potenciales. ¿Dónde se deberían colocar esos repetidores y cómo deberían ser accionados?

El diseño de la topología de una red inalámbrica requiere el uso de **simulaciones de radio.** Si es posible, la simulación debería basarse en las coordenadas obtenidas mediante GPS o a partir de mapas de los sitios y cartografía 3D. Opciones de software como *Radio Mobile,* son una buena alternativa para simular redes inalámbricas.



Radio Mobile, es un software libre que usa información de elevación del terreno (mapas digitales) como SRTM[1] para calcular perfiles de la trayectoria entre el emisor y el receptor. Para mayor información sobre Radio Mobile vea la unidad Simulación de Redes Inalámbricas.

Si las coordenadas no están disponibles, es posible realizar simulaciones digitales basadas en:

- Conocimiento de la distancia entre los sitios (medida con un odómetro)
- Ángulos entre sitios (medida con brújula)
- Al menos un lugar en el área que pueda ser identificada en un mapa digital.

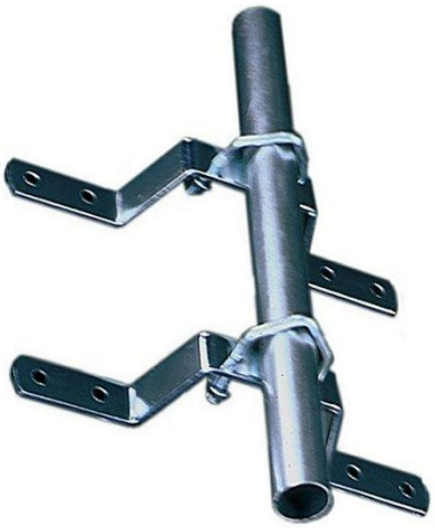
1. SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) es un proyecto de la NASA para proveer datos topograficos digitales gratuitos. Para la mayor parte del mundo, incluyendo Latinoamérica, las imágenes de SRTM tienen una resolución de 3 segundos de arco (unos 90 metros).

Si no puede realizar una simulación de radio basada en alguno de los métodos anteriores, aún puede calcular un presupuesto básico del radioenlace para asegurar que los enlaces serán funcionales (suponiendo Línea de Vista y despeje de la zona de Fresnel). Para esto requiere conocer la distancia entre los sitios y las especificaciones del equipo que piensa utilizar.

4.2 Asuntos prácticos en la instalación

Para cada uno de los clientes de la red, se deben considerar asuntos como los siguientes:

1. ¿Los equipos deberían ser para *interiores* o *exteriores*? Considere las ventajas y desventajas de cada modelo. Los equipos para interiores son más baratos pero se podría requerir de una antena externa (y cable RF). Un cable RF implica pérdidas de señal y usted debería calcular hasta cuánta pérdida podría permitir para mantener el enlace funcional.
2. ¿Cómo se debería montar el equipo? ¿Qué herramientas y materiales se necesitarán para la instalación física? Los postes de acero galvanizado con soportes para montaje en paredes son muy útiles para la instalación de dispositivos de clientes.



Una estructura para montar en la pared con soportes y un poste.



Abrazaderas tipo manguera para montar equipo en un poste.

Figura 1: Materiales para montar equipos en un poste o pared

5. Presupuesto

Cuando el plan de implementación de la red está listo, es momento para trabajar en el presupuesto de la implementación. El presupuesto se puede dividir en recursos de *hardware* y recursos *humanos*.

5.1 Recursos de Hardware

Al preparar el presupuesto de una gran red inalámbrica, es fácil sentirse abrumado/a por la gran cantidad de "características específicas del sitio" que se deben considerar en el presupuesto. Ningún sitio es igual a otro, por lo que existen diferencias entre los lugares físicos de las instalaciones. Por lo tanto, el presupuesto no puede ser hecho para las características específicas de cada sitio. A cambio de esto, usted debe crear "conjuntos" de equipos que se puedan aplicar con flexibilidad para todas las situaciones.

Por ejemplo, una red inalámbrica comunitaria típica requiere normalmente los siguientes cuatro "conjuntos" de equipos: 1) Concentrador central, 2) Repetidor inalámbrico, 3) Cliente inalámbrico para exteriores, 4) Cliente inalámbrico para interiores.

Concentrador central (Con acceso a Internet)

1. Radio: Punto(s) de acceso exterior(es)
2. Energía: Solar o por red. PoE (**P**ower **o**ver **E**thernet) vs. alimentación directa por cable dedicado.
3. Antena: Dependiendo del área de cobertura esperada.
4. Montaje: Montado en la torre central.
5. Fluctuaciones de tensión eléctrica y rayos: Protección contra descargas
6. Reserva de energía: A ser considerada (generador, batería de reserva, dispositivos solares, etc.).

Repetidor inalámbrico (cliente de la red o infraestructura apropiada para alturas)

1. Radio: Dos unidades para exteriores
2. Energía: Solar o por Red. PoE o directa
3. Antena: Dependiendo del área de cobertura esperada
4. Montaje: Poste y soportes para montaje sobre pared (más común)
5. Reserva de energía: A ser considerada (generador, batería de reserva, dispositivos solares, etc.)

Cliente inalámbrico para exteriores

1. Radio: Una unidad para exteriores
2. Energía: PoE
3. Antena: Antena direccional interna o externa dependiendo de la ganancia y distancia
4. Montaje: Poste y soportes para montaje sobre pared
5. Fluctuaciones de tensión eléctrica y rayos: Protección contra descargas

6. Reserva de energía: UPS

Cliente inalámbrico interno

1. Radio: Una unidad interna
2. Energía: Alimentación por cable regular
3. Antena: Antena direccional interna o externa con cable RF
4. Montaje: Poste y soportes para montaje sobre pared
5. Fluctuaciones de tensión eléctrica y rayos: Protección contra descargas
6. Reserva de energía: UPS

Definir el presupuesto del hardware para la implementación de una red inalámbrica requiere tener en cuenta muchas cosas. Además del equipo de red y de radio ya mencionados, hay otros artículos que se deberían considerar.

5.1.1 Electricidad



En muchos países en desarrollo, la demanda de electricidad es mucho mayor que la energía eléctrica que los proveedores pueden generar y entregar. Esto hace que el sistema de red eléctrica sea poco confiable y que frecuentemente se produzcan apagones y bajones de energía. En muchos países la situación no es lo suficientemente estable como para conectar los equipos electrónicos directamente a las salidas de alimentación de la red, pues la energía es muy fluctuante y esto produce daños en los equipos.



La solución al problema de inestabilidad de la fuente de energía es adicionar baterías, cargadores de baterías e inversores a cada uno de los nodos del sistema. Esos sistemas de recuperación son muy efectivos para proveer protección ante fluctuaciones de tensión eléctrica y proporcionar una fuente de alimentación constante.

Los cargadores se conectan a la red eléctrica y mantienen las baterías cargadas mientras la alimentación esté disponible. Los inversores utilizan la energía almacenada en las baterías para suplir continuamente a los dispositivos con corriente alterna. De esta manera, ningún dispositivo conectado al sistema se alimenta directamente con la inestable energía provista por la red eléctrica. La única parte del sistema vulnerable a daños por la fluctuación eléctrica es el cargador de batería, que es la parte más barata del sistema y es más fácil de reemplazar que el costoso equipo de radio.

También hay disponibles, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida, SAI (UPS por sus siglas en inglés), que usan un sistema similar, llamado SAI en línea (*UPS online*). Es diferente del SAI estándar ya que la energía siempre está yendo a través de los filtros y rectificadores. El SAI estándar usa tecnología de línea interrumpida; si se detecta un problema, la alimentación conmuta de la red eléctrica a la batería. El problema con esto, es que en muchos casos, cuando se detecta el problema ya es demasiado tarde. Un SAI en línea convierte la corriente alterna (AC) de la red a corriente continua (DC) para cargar la batería, y luego la convierte nuevamente en corriente alterne (AC). La energía obtenida en los enchufes de salida del SAI, nunca proviene directamente de la red eléctrica y todos los problemas de alimentación son bloqueados por este tipo de SAI.

Estos asuntos deben ser tomados en consideración al hacer el presupuesto del hardware para la implementación de la red.

5.1.2 Puesta a tierra y protección contra rayos

Una instalación situada sobre una azotea o en una torre necesita protección contra rayos. Los rayos son enemigos comunes de las instalaciones inalámbricas, y deberían prevenirse tanto como sea posible. Generalmente existen dos formas en las que los rayos pueden causar daño a su equipo, con descargas directas o indirectas.



Descargas directas

Las torres de comunicación deberían estar equipadas con pararrayos en la parte superior, puestos a tierra correctamente en la base de la torre. Sin embargo, si el rayo cae sobre la torre (o el equipo) será muy poco lo que se pueda salvar.

Descargas indirectas

Las corrientes de inducción (descargas indirectas) debidas a la caída cercana de rayos, pueden causar daños en los equipos de radio ubicados en exteriores. Eso puede prevenirse usando protectores ante fluctuaciones de corriente para proteger a los equipos vulnerables y seleccionando radios con una alta tensión nominal. Sin embargo, los protectores de fluctuaciones no protegen la antena, sino solamente el radio.

5.1.3 Herramientas

Durante la implementación de la red puede ser útil contar con algunas herramientas, como por ejemplo:

1. Arnés, casco, guantes
2. Transmisores de radioaficionados, GPS, odómetro
3. Binoculares, lámpara o linterna, cuerdas, cinta, tijeras, una caja de herramientas estándar.

4. Escalera de aluminio (liviana para llevar)
5. Mapas actualizados y detallados del área
6. Cuaderno y lápices
7. Maleta para cargar el equipo

5.2 Recursos humanos

Los recursos humanos requeridos para la implementación de una red inalámbrica pueden ser más difíciles de estimar que los costos del hardware. Cuando estime su carga de trabajo, recuerde que las cosas a menudo toman más tiempo de lo esperado. Usted siempre encontrará problemas prácticos, técnicos, logísticos o problemas relativos a relaciones humanas, que pueden hacer más lento el trabajo.

En la planeación de recursos humanos recuerde incluir también los siguientes costos: **Transporte local y Gastos adicionales.**

5.2.1 Transporte local

En un proyecto de implementación siempre se requieren vehículos para el transporte local. Dependiendo del tamaño del grupo, el equipo, el número de sitios y las distancias entre ellos, se debería presupuestar el número y tamaño de los vehículos. También se debe considerar el lugar de la implementación. ¿Es fácilmente accesible o se requiere un vehículo 4x4? No olvide presupuestar el combustible y quizá un guía o conductor si va a sitios con los que no está familiarizado. A veces las instalaciones se deben realizar en parques nacionales u otras zonas protegidas que requieren la compañía de un guardiaparque u otro personal de vigilancia, el cual puede tener un horario de trabajo diferente del que Ud. planeó

5.2.2 Gastos adicionales

A continuación encontrará una lista de gastos adicionales que deberían ser tomados en consideración:

1. Hospedaje y permisos (si es necesario)
2. Comunicación (llamadas telefónicas)
3. Administración (un pequeño porcentaje del total del costo de recursos humanos)

6. Licencias y permisos

Obtener las licencias y permisos adecuados, podría implicar trabajo administrativo y recursos financieros.

En general, hay dos tipos de permisos que son de importancia en esta materia:

- Permiso(s) para construir una torre o montar una antena.
- Permiso (incluye licencia) para operar en las bandas definidas en IEEE 802.11.

6.1 Mástil o torre

Si se propone montar una antena sobre una casa o en una torre existente, debe por supuesto contactar al propietario para solicitar los permisos. Si desea instalar una nueva torre/mástil, debe solicitar el permiso del propietario del terreno.

Si la torre o la parte superior de la antena sobrepasan cierta altura (mayor que la del paisaje medio de la locación) también debe solicitar permisos de la autoridad que regula el espacio aéreo en el país, pues su instalación podría ser peligrosa para helicópteros u otros objetos de bajo vuelo.

Para mayor información revise la unidad “Instalaciones para Exteriores”

6.2 Permiso para operar en las frecuencias de IEEE 802.11

Para operar redes de datos en las bandas de frecuencias de 2,4 GHz o 5,6 GHz, se podría requerir de una licencia. En algunos países, la banda de frecuencia de2,4 GHz no requiere licencia, lo que implica que es libre (gratuita) para cualquiera que desee poner a funcionar una red IEEE 802.11.



No dé por sentado que lo que es libre en un país debería ser libre y sin licencia en otro. Normalmente, la Comisión para Comunicaciones (o un organismo similar) es quien maneja las licencias de este tipo. El término frecuencia “sin licencia” puede ser engañoso.



Sin licencia significa que no se requiere una licencia de radio para operar equipos en esa frecuencia, pero eso NO significa que el uso de esa frecuencia no está regulado. Decir que una banda de frecuencia como la de 2,4 GHz se puede usar sin licencia, significa que la máxima potencia de salida no debería ser mayor que un cierto valor (Watt) incluyendo la ganancia de la antena.

Los permisos para operar en IEEE 802.11 pueden variar mucho de país en país dependiendo del gobierno de turno.

En países como Brasil, Honduras, Nicaragua, Jamaica, Colombia, México, Perú y Venezuela se ha reglamentado el uso libre de las bandas de 2,4 GHz y 5,8 GHz, pero se han puesto limitaciones tanto para la máxima ganancia de la antena como para la máxima potencia de transmisión permitida. Además, pueden existir otras limitaciones, como en el caso de Perú, donde el uso libre de la banda de 2,4 GHz sólo se aplica para espacios cerrados o zonas rurales y de interés social.

En algunos países como Argentina, Ecuador, El Salvador y Costa Rica se requiere *Registro* y también se definen limitaciones de potencia [1].

1 En el portal WILAC puede encontrar un resumen comparativo sobre la gestión de frecuencias de 2.4 y 5 GHz en América Latina



En general, cuando sea necesario, usted podrá solicitar dos tipos de licencias para IEEE 802.11 :

- Uso comercial (ISPs)
- *Uso privado (grupos cerrados)*

Si planea usar el enlace para un grupo en particular, asegúrese de hacer su solicitud para "uso privado" ya que los costos para un ISP son generalmente más altos.

Por ejemplo en Paraguay, para la implementación de una red en la frecuencia de 2,4 GHz se exige una concesión, licencia o autorización que está sujeta a un *pago por única vez* definido por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (Conatel); la explotación comercial del servicio está sujeta al pago de una tasa anual correspondiente a un porcentaje de los ingresos brutos del prestador.[2]

7. Adquisición del equipo

La adquisición se puede realizar localmente (dentro del país) o por importación. La elección debería depender del precio, la disponibilidad y el soporte técnico para el equipo.

Otro punto clave para la adquisición es el tiempo de *Entrega*. Este es un factor (desconocido en muchos casos) que puede ocasionar problemas de retraso al proyecto.

7.1 Adquisición Local

La adquisición de equipo de baja tecnología, pesado y de grandes dimensiones, siempre debería realizarse localmente, mientras esto sea conveniente en términos de precio y disponibilidad. Debido a que el transporte por mar es muy costoso y normalmente se cobra por peso y/o volumen, será preferible adquirir localmente el equipo pesado o voluminoso.

Si en el país se encuentran disponibles buenos equipos de radio y de red, también se recomienda adquirirlos localmente. Si en el futuro usted experimenta problemas con una unidad inalámbrica o de red, es mejor tener al distribuidor en el país, en lugar de tener que lidiar con el envío de las unidades con fallas al exterior.

Si los equipos de radio más avanzados no están disponibles en el mercado local, podría ser necesario realizar la importación.

7.2 Importación

Las leyes y la regulación de importación varían de país en país. Cuando se trate de envíos grandes, contacte siempre al *Ministerio de Hacienda* del país al que se importará para tener información local.

http://wilac.net/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=248&mode=thread&order=0&thold=0

2 Fuente: http://www.conatel.gov.py/OBTENCIONDELICENCIAS.htm

Otros organismos a los que puede ser útil contactar son la *Cámara de Comercio* y el *Ministerio de Comercio Exterior*.

A continuación se proporciona un listado de puntos a los que debería prestar especial atención cuando importe/exporte equipos:

7.2.1 Inspección pre-envío

Un procedimiento común es que todas las mercancías, antes de ser enviadas para exportación, deben pasar por una *inspección pre-envío.* Esto no es válido para todos los países, de manera que debe cerciorarse de cuáles son los procedimientos en su país. La inspección pre-envio, realizada en el puerto de origen, es para confirmar el costo total de los elementos que se exportarán.

En caso de que necesite una inspección pre-envío, pero ésta no se realice antes del envío, es necesario que se realice en el sitio de destino, lo cual puede implicar esfuerzos en consumo de tiempo y de costos. En ocasiones puede ser causa de devolución de la mercancía.

7.2.2 Certificado de origen

Al importar, algunos países requieren el llamado *Certificado de origen* que es expedido en el país de exportación para probar el origen de las mercancías.

Esta prueba es expedida normalmente por la Cámara de Comercio u otra autoridad en el país de exportación o por el Consulado del país desde el que se importa en el país de exportación.

7.2.3 Factura comercial (*Trading Invoice*)

Para todas las exportaciones, se debe registrar una Factura comercial para las mercancías vendidas. Al generar esta factura, el vendedor debe tener en cuenta las regulaciones locales del pais desde el cual se importa.

Aunque todos los países tienen sus propias regulaciones acerca de qué debe incluir esta factura, hay alguna información básica que es requerida usualmente por la mayoría de los países para procedimientos aduaneros. Dicha información convencional es:

1. Nombre y dirección de vendedores y compradores
2. Identificador del paquete, número de paquetes
3. Peso (bruto y neto) y volumen de las cajas
4. Descripción de la mercancía
5. Cantidad
6. Condiciones de envío y pago
7. Precio por unidad
8. Precio total por cada tipo de mercancía
9. Información sobre el país de origen de las mercancías

7.2.4 Seguro de transportes

Se debería adquirir un seguro de transporte para las mercancías exportadas con una compañía aseguradora en el país de importación o en el de exportación.

7.2.5 Impuestos de importación

La mayoría de las mercancías están sujetas a aranceles de importación. El arancel de importación se basa en el costo real del equipo y el tipo de equipo. En la mayoría de los casos, los países mantienen altas tasas de importación para mercancías que se producen localmente (para promover la industria local) y bajas tasas de importación para mercancías que no están disponibles dentro del país.



El valor de las tasas de importación puede variar desde 0% hasta 20-30% para diferentes tipos de mercancías. Por ejemplo en Colombia (2005), el impuesto de importación de antenas es del 15% mientras que el impuesto para los dispositivos de emisión para radiodifusión con receptores incorporados es del 5% [1].

Asegúrese de que la mercancía importada sea correctamente clasificada en la aduana proporcionando una descripción clara sobre qué contiene cada dispositivo. Preste especial atención a equipos como puntos de acceso, que pueden contener tanto un transmisor/receptor de radio, como una antena. Desafortunadamente, no es raro que en caso de duda las aduanas prefieran aplicar la mayor tasa de importación.

7.2.6 IVA

Además, todas las mercancías importadas están sujetas a IVA (Impuesto de Valor Agregado) que en la mayoría de los países puede variar desde un pequeño porcentaje a un 10-20%.

Cuando los impuestos de importación y el IVA han sido pagados, se emiten los documentos de autorización y las mercancías pueden ser retiradas de la aduana. Es preferible usar un agente de despachos que asegure el retiro puntual de las mercancías. Para facilitar el proceso de retiro, es mejor comenzar el proceso antes del arribo de las mercancías.

7.2.7 Homologación

Muchos países exigen que los equipos de comunicaciones sean homologados en el país donde van a ser usados. El mecanismo de homologación puede significar que ANTES de proceder a la importación comercial, el vendedor del equipo o el distribuidor local debe entregar un ejemplar del mismo a la autoridad respectiva o a un laboratorio designado por ésta a fin de que le hagan las pruebas que garanticen su funcionamiento de acuerdo a las normas. Esta procedimiento puede ser obviados en algunos países que aceptan como válida localmente la homologación efectuada en el país de origen o

1 Decreto 4341 de 2004

para equipos que funcionen en bandas que no requieren licencia, pero avergue antes de ordenar la importación.

8. Fase de implementación

Cuando los equipos se han obtenido y enviado, finalmente es hora de iniciar la fase de implementación. En este momento, usted ya debería tener las licencias que necesita. El plan de implementación debería completarse y se deberían incluir instrucciones detalladas para la implementación en cada sitio. En este momento también se deberían conseguir o arrendar todas las herramientas necesarias para la implementación.

En esta sección se discuten algunos aspectos prácticos concernientes a la fase de implementación.

8.1 Clima

En los países alrededor del ecuador, en zonas de baja altura sobre el nivel del mar, la temperatura puede alcanzar los 40° C (en la sombra) y pueden caer fuertes lluvias durante semanas. Por lo tanto, es una buena idea planear adecuadamente la época del año en que se realizará la instalación.

Se deben evitar las instalaciones en torres durante épocas de lluvia con frecuentes rayos. También, se deberían evitar las estaciones muy calientes, ya que las torres metálicas se convierten en desagradables lugares de trabajo.

El calor también puede causar problemas de recalentamiento en los equipos de radio. En la mayoría de los casos, cuando esto pasa, la parte recalentada se apagará y enfriará, luego comenzará a trabajar, cuando se encuentre dentro del rango de temperatura apropiado. Sin embargo, el recalentamiento repetitivo en el equipo desgastará el equipo y acortará el tiempo de vida del radio.

Cualquier equipo montado en exteriores debe tener una gama de temperatura de operación de hasta 70°C

Simples sistemas de enfriamiento (hechos por usted mismo) pueden ser montados a los equipos exteriores para disminuir su temperatura usando flujos de aire circundante.



Al planear la implementación real de una red usted debería considerar las condiciones atmosféricas para esa época del año.

En los países alrededor del ecuador, normalmente querrá evitar la estación más caliente y los periodos de lluvia, mientras que en Europa, por ejemplo, usted evitará el invierno frío y húmedo

8.2 Miembros del equipo

Esto podría sonar trivial, pero asegúrese de que su equipo tiene el conocimiento necesario antes del día en que realizarán la implementación. Si se deben montar equipos en una torre o en un mástil alto, podría ser útil alguna experiencia escalando. Así mismo, montar antenas en postes podría requerir hacer soldaduras para lo cual también es conveniente tener algo de experiencia. Obviamente, es necesario tener conocimientos en radiocomunicaciones y redes.

9. Consejo general sobre contratos

La implementación de una red inalámbrica requiere la realización de varios contratos entre usted y los proveedores. Hay algunos asuntos que debería considerar como críticos al definir un contrato con un proveedor. Preste especial atención a los siguientes puntos:

1. En contratos con proveedores de equipos, cerciórese de que existe una cláusula sobre el "tiempo de entrega" con las condiciones apropiadas. Se puede requerir la importación de algún equipo y la entrega podría retrasarse. Un retraso en la entrega de la torre, por ejemplo, tendrá un impacto negativo en el cronograma, lo que puede conducir a gastos adicionales debidos al equipo o al trabajo que usted ya ha ordenado para la futura implementación.
2. En contratos con proveedores, asegúrese de que haya una cláusula clara sobre el transporte del equipo comprado. ¡En caso de requerir transportar una torre a algún sitio, un 4x4 podría no ser suficiente!
3. Revise minuciosamente las condiciones para devolver un equipo que por alguna razón no funcione adecuadamente. ¿Quién paga el transporte? ¿Qué tan rápido se reemplazará la unidad dañada? ¿Qué incluye la garantía y cuanto dura para cada componente?
4. Si el contrato incluye algún tipo de implementación, asegúrese de que las pruebas estén incluidas y evalúe los métodos de pruebas propuestos.
5. Es muy importante incluir una partida para repuestos y refacciones, tomando en cuenta las partes más sujetas a sufrir desperfectos, y establecer el tiempo que se tomaré el vendedor para reparar un equipo dañado tanto durante el período de la garantía como después de expirada ésta.
6. En general, sea cuidadoso al hacer acuerdos comerciales con una moneda diferente a la local. Si los acuerdos se hacen en dólares y repentinamente su moneda local sufre una caída respecto al dólar después de firmar el contrato, usted podría terminar con una cuenta mucho más alta que la esperada.

10. Aseguramiento de la Calidad



El aseguramiento de la calidad es el proceso de evaluar, probar y medir el desempeño total del proyecto para verificar si satisface los requerimientos definidos en el contrato.

Dependiendo de si usted es el consultor o el cliente, hay algunas cosas en las que se debería enfocar. Como consultor, ¿qué le puede garantizar a su cliente en términos de desempeño, calidad y sostenibilidad? Como cliente, ¿qué demanda del consultor en términos de desempeño, calidad y sostenibilidad? Esas preguntas deben ser esclarecidas en el contrato para evitar futuros conflictos. Para asegurar un cierto nivel de calidad, usted debe llegar a un acuerdo sobre a *qué* calidad se refiere en ese caso específico y *cómo* puede ser medida.



Para un enlace inalámbrico se pueden medir los siguientes parámetros que indican un cierto nivel de calidad:

- Tiempo de disponibilidad (Uptime)
- Fluctuaciones (Jitter)
- Rendimiento
- Relación señal ruido (S/N)
- Pérdida de paquetes
- Duplicación de paquetes
- Tiempo de ida y retorno de paquetes

Definir el método exacto de medida de un dato específico es muy importante.

Las medidas deberían hacerse muchas veces bajo diferentes condiciones de tiempo y carga. Por ejemplo, un día soleado y seco comparado con un día lluvioso y húmedo, cambiará sus mediciones de la relación señal a ruido. También, las medidas tomadas durante un fin de semana pueden diferir de las tomadas durante la semana.



Si usted es el cliente, debe leer cuidadosamente las especificaciones del equipo de modo que esté seguro de que el hardware especificado es el apropiado para la implementación de su red. Asegúrese de que el equipo que obtuvo es el mismo por el que pagó. Compruebe las etiquetas y compare las especificaciones. Además debería asegurarse de incluir en el contrato el periodo de tiempo durante el cual la implementación debería garantizar cierto nivel de rendimiento.



No olvide incluir en el contrato un párrafo sobre aseguramiento de la calidad.

- Especifique CUÁLES parámetros serán medidos y CÓMO se medirán
- Las mediciones deberían realizarse en un periodo de tiempo que refleje los cambios en el ambiente.

11. Conclusiones

En resumen, usted no necesita ser un genio para planear y presupuestar la implementación de una red inalámbrica. Lo que usted debe hacer es estar un paso adelante y preguntarse siempre "¿qué tal si...?" Tener un buen plan de implementación desde el comienzo le ahorrará varios problemas (y dinero) al final del proyecto.

La implementación de una red inalámbrica no sólo implica costos en equipos inalámbricos. No subestime los costos de llevar Internet y electricidad al lugar, solicitar licencias, proveer protección contra rayos, transportar a los equipos y a usted mismo al sitio (o sitios) y todas las otras pequeñas cosas que podria necesitar, como equipo para escalar, equipos para pruebas, binoculares, radios, cuerdas, mapas, etc.

Un presupuesto por sí solo no es un buen plan. Pero un buen plan tiene un buen y detallado presupuesto.

Las cinco principales cuestiones que usted debería recordar de esta unidad pueden ser resumidas así:

- Usted no necesita ser un genio para planear y presupuestar la implementación de una red inalámbrica; sólo sea realista y un poco "pesimista".
- Un buen plan de implementación desde el comienzo le ahorrará muchos problemas y dinero al final del proyecto.
- No olvide que el presupuesto del hardware incluye más que los equipos de radio y red. El presupuesto también debe incluir llevar Internet y electricidad al sitio, obtener licencias, asegurar protección contra rayos, transportar equipos y personas y asegurarse de que todas las herramientas necesarias estén disponibles.
- No olvide los factores que están fuera de su control como los tiempos de envío y las condiciones climáticas.
- Un presupuesto no es por sí solo un buen plan; pero un buen plan tiene un buen y detallado presupuesto.

12. Ejercicios

12.1 Ejercicio 1: Presupuesto y planeación de un enlace inalámbrico Punto a Punto (PtP)

La fundación Arcoiris que recientemente ha establecido una escuela primaria en la isla de Curricuta en Tierra del sol, contacta su ONG para solicitar ayuda técnica. Ellos necesitan instalar un enlace inalámbrico con el continente para proveer a la escuela primaria de conexión a Internet.

Su tarea es planear y presupuestar (en términos de equipos y recursos humanos, no encontrar el valor en una moneda) la implementación de un enlace inalámbrico PtP entre el continente y la escuela primaria de la isla Curricuta.

Considere que pueden existir muchas soluciones al problema. Usted debería tener la capacidad de trabajar en diferentes escenarios y presentarlos a su cliente. Describa cada escenario con sus ventajas y desventajas planteando el presupuesto para hardware y recursos humanos.

Para realizar esta tarea se provee la siguiente información:

La isla de Curricuta se encuentra localizada a 7 km de la zona continental de Tierra del sol. Entre la isla Curricuta y el continente (a medio camino y en línea de vista) se encuentra la isla del Pirata localizada a una altitud media de 50 m sobre el nivel del mar.

La conexión a Internet en la zona continental está localizada en la azotea de un edificio de oficinas de tres pisos. Sobre la azotea, hay un mástil (vertical) de 5 metros de altura que puede ser usado para montar equipos. La base del mástil esta localizada a 50 metros de la conexión a Internet que se encuentra en el interior del edificio. En el tercer piso hay energía eléctrica disponible.

La única construcción en la isla Curricuta, a excepción de las chozas, es la escuela primaria que está localizada cerca a la orilla (0 m de altitud) frente al continente. El punto más alto de la isla (70 m de altitud) se encuentra localizado a 200 m de la escuela primaria. La isla Curricuta no está conectada a la red eléctrica de la zona continental, por lo tanto en la isla no hay acceso a energía eléctrica.

El suelo de la isla es de tierra y arena y tiene una densa vegetación con rica fauna (pero inofensiva para los humanos).

Tierra de sol es un país localizado en latitud 0. Las tormentas tropicales y eléctricas son muy comunes, de manera que el clima es cálido y húmedo.

Para completar el ejercicio, se deberían discutir los 10 puntos siguientes:

1. ¿Quiénes son los principales interesados en el proyecto? ¿A qué personas clave se podría contactar para obtener apoyo?

2. ¿Qué información práctica y técnica se requiere como punto de partida del proyecto?
3. ¿Qué información técnica se requiere sobre la infraestructura existente?
4. ¿Con qué infraestructura física se debería contar en el lugar para establecer la conexión?
5. Realice el presupuesto para brindar conexión a Internet en el sitio en el que se encuentra la escuela primaria. Tenga en cuenta los siguientes puntos:
   - Qué tecnología usar
   - Cuál es la infraestructura y los equipos necesarios
   - Qué recursos humanos se necesitan
6. Presupuesto para brindar alimentación/energía al sitio de instalación en la isla Curricuta.
7. Presupuesto para implementar el enlace real entre los dos puntos.
8. Presupuesto para adquirir las licencias y permisos requeridos para operar la red (tome su país como ejemplo).
9. Presupuesto para el mantenimiento y aseguramiento de la calidad de la implementación por un año.
10. ¿Qué podría fallar? ¿Cuál es el mayor riesgo del proyecto? Análisis de riesgos.

13. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <http://creativecommons.org/>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-NoComercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución**. Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.

- **No comercial**. No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco**. Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a esta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 abril 2007. **Traducido por Colnodo.**

Unidad 21: Mapeo de Alcances

Autor: *Javier Pacheco. Centro Latinoamericano de Mapeo de Alcances – CLAMA*

Este cuestionario se ha preparado para las personas que participan en el *II Taller Regional de entrenamiento sobre despliegue de Redes Inalámbricas Comunitarias - TRICALCAR Cono Sur* para el abordaje del tema de Mapeo de Alcances. Se hace llegar conjuntamente con un cuadernillo informativo de Mapeo de Alcances y se sugiere, para tener un contexto previo y elementos para resolverlo adecuadamente, su lectura . Se estima que esta actividad puede requerir 2 horas. El cuestionario diligenciado debe ser enviado a Javier Pacheco al correo jpachecoarrieta@une.net.co antes del 16 de octubre de 2007. Estas respuestas son insumo fundamental para el tratamiento del tema.

Procure que sus respuestas sean cortas pero con información suficiente, por favor no omita información que considere importante.

Cuestionario

1. ¿Tiene experiencia en el uso de métodos de planeación y seguimiento de proyectos? ¿Por cuanto tiempo? (Si su respuesta es negativa por favor pase a la pregunta No 3).

2. ¿Qué método de planeación y seguimiento ha sido aplicado por usted en el desarrollo de su trabajo? ¿Por favor indique las características principales que identifica en ese método?

3. De acuerdo a lo que expresa el cuadernillo de Mapeo de Alcances en la parte de *Introducción*, en las iniciativas que usted desarrolla actualmente, ¿cuáles considera los aspectos mas importantes de contribución al impacto logrado? (si actualmente no desarrolla ninguna iniciativa remítase a la más reciente.

4. De acuerdo a su experiencia en la organización de redes de comunicación y teniendo en cuenta los conceptos presentados en el título *cambios y socios* ¿Podría usted identificar que organización o grupo de personas ha tenido la responsabilidad de producir cambios de comportamiento importantes para los logros de la iniciativa? Por favor, describa los cambios brevemente.

5. Con base en la sección *Estructura del Mapeo de Alcances* señale ¿Cuál de las etapas le parece de procedimiento más familiar y por qué?.

6. Por favor señale cuales de los conceptos de la lectura le parecieron complicados, contradictorios, confusos o de difícil comprensión.

7. Por Favor indique si considera que el seguimiento es posible hacerlo de manera efectiva y eficaz y principalmente como le gustaría enfocar su uso.

Gracias por contestar. No olvide enviar su cuestionario diligenciado.



Unidad 21: Mapeo de Alcances

Autor: *Javier Pacheco. Centro Latinoamericano de Mapeo de Alcances – CLAMA*

Este formato se ha preparado para las personas que participan en el *II Taller Regional de entrenamiento sobre despliegue de Redes Inalámbricas Comunitarias - TRICALCAR Cono Sur* para recibir retroalimentación sobre el trabajo desarrollado durante el taller sobre Mapeo de Alcances. Estas respuestas son insumo fundamental para los ajustes al tratamiento del tema en talleres posteriores.
Procure que sus respuestas sean cortas pero con información suficiente, por favor no omita información que considere importante.

Imagine que usted está conversando con una persona que ha sido seleccionada para asistir al siguiente taller, y usted le está contando acerca de las experiencias, habilidades y conocimientos que usted adquirió en este taller.

Usted va a estar en capacidad de:	
Usted va a mejorar:	
Usted se va a sentir más seguro de:	

Usted ha descubierto:	
Usted ha aprendido de otras personas (facilitador y compañeros):	
Usted se ha sorprendido por:	
Usted está aprendiendo de usted mismo :	
Usted está sintiendo:	
Usted piensa que va a ganar:	

Gracias por contestar. No olvide entregar su cuestionario diligenciado.

Presentación unificada de Mapeo de Alcances para los talleres TRICALCAR

La presentación de Mapeo de Alcances que se hizo para los talleres de Tricalcar constaba de dos partes. Una parte introductoria que se refería a la necesidad de conocer el contexto antes de hacer un diseño y una segunda parte resumida de los aspectos básicos del método, con el énfasis que hace el Mapeo al concentrarse en los cambios de comportamiento como parte fundamental del desarrollo.

A quienes consultan este material les sugiero que además de la diapositiva tengan en cuenta que en las notas de muchas de las diapositivas hay indicaciones que refuerzan al contenido.

Por otro lado recordemos que el tiempo que trabajamos en los talleres fue breve pero tenemos dos recursos adicionales para aclarar y profundizar por un lado la publicación digital del libro de Mapeo de Alcances y por el otro la consulta en la WEB.

mapeo de alcances

Acuerdos de participación




Estar en la sesión no celulares. No conexiones ¿Para alguien no es posible?



Respeto por la diferencia de opinión



Notas y apuntes



Llegar a tiempo y terminar a tiempo o hacer acuerdos.



Hablar una persona a la vez.




Preguntas mías para motivar el aprendizaje




Posibilidad de Jugar



Preguntas de ustedes bienvenidas en cualquier momento. (respuestas pueden llegar después).



Todas las personas tenemos oportunidad de participar. Cuidemos el balance.

mapeo de alcances

Que vamos a hacer en este espacio

Conocernos un poco mas desde lo que hacemos.

Una mirada (no tan rápida) a nuestra relación con La Planeación, El Seguimiento y La Evaluación (PM&E) desde nuestras experiencias locales. Relato de las experiencias de las personas del grupo.

Revisión (rápida) a una herramienta para análisis de situación.

Presentar de una propuesta para acercarnos a conceptos básicos de Mapeo de Alcances como método de PM&E y motivar su profundización.

Mirada rápida a la planeación:

- **Planeación Estratégica**

Es la mejor expresión del trabajo de la iniciativa a futuro y hacia allá dirigimos nuestros esfuerzos.



- **Planeación Operativa**

Se guía por la planeación estratégica, y se desarrolla En periodos de acuerdo a los recursos y el contexto.



- **Seguimiento**

Responde a prioridades de planeación estratégica, atiende rendición de cuentas, reflexiones y aprendizajes.



- Evaluación

Emite un concepto que implica calificación.



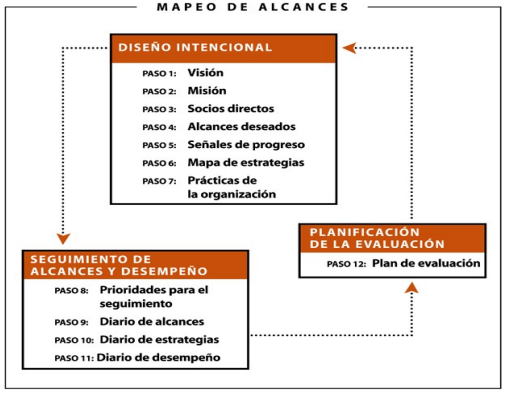
El mapeo de alcances se enfoca en la planeación estratégica

- **Planeación Estratégica**



Es la mejor expresión de una ruta de trabajo para implementar nuestra INICIATIVA, y dirigir hacia allá nuestros esfuerzos.

El Mapeo de Alcances aborda el diseño de escenarios clave de la INICIATIVA para su realización a partir de lo que Considera el ámbito de influencia directa



Una mirada rápida a nuestra relación con La Planeación, El Seguimiento y La Evaluación (P,M&E) desde nuestras experiencias de los y las asistentes.

En el último taller se escribieron en una hoja 3 ideas clave que describían lo mas significativo de una experiencia de quienes participaban.

Las ideas se pueden organizar usando el formato de la siguiente diapositiva.

Adelante se presentan las ideas aportadas, ordenadas por el facilitador, desde el formato requerido (siguiente diapositiva) aproximándolas a los conceptos del Mapeo de Alcances de manera a priori.

mapeo de alcances

En un futuro … A que cambios le estábamos apostando (impacto al que queremos contribuir) con el desarrollo de nuestra iniciativa

Cambios logrados por las personas locales en el marco de los proyectos implementados así:

Actividades (organización colectiva)

Relaciones (entre personas y organizaciones)

Comportamientos (personales)

Estructuras (base para realizar cambios)

ACUERDOS

Establecidos entre

personas locales (protagonistas)

y el equipo

técnico administrativo

del proyecto o programa

Estrategias implementadas por el equipo técnico administrativo para facilitar los cambios que lograron las personas locales.

Prácticas Organizacionales del equipo técnico administrativo que administra y ejecuta el proyecto

Ideas aportadas por las personas asistentes a TRICALCAR
Ordenadas por el facilitador desde el formato requerido aproximándolas a los conceptos
de Mapeo de Alcances de manera a priori.

Observen que en un mismo factor puede aparecer clasificado en varias de las categorías, eso muestra que se requieren acuerdos y que no es algo que exclusivamente depende de una sola persona u organización-

En la lista enviaré el detalle de la lista con los nombres de quienes aportaron para que se pueda consultar algún tema con quienes hicieron presentaciones.

Factores Relacionados con la "visiones"
Conocimiento del contexto, diagnostico participativo
necesidad de conocer el grupo meta
buscan contribuir al impacto (no medirlo)

Cambios logrados por personas locales en los proyectos

Actividades

Trabajo interdisciplinario
Apropiación de la propuesta y administración de sus recursos.
Creación de propuestas propias-
Generación de ingresos.
Construcción de nuevas herramientas.

Relaciones

Relaciones entre técnicos y personas de la comunidad para mejor aplicaciones.
Coordinación, voluntad de ayudar en implementación
Mejoramiento de condición de grupos en desventaja

Comportamientos

Personas aceptan el costo de servicios que les benefician.
Incorporación de uso de TIC en actividades que benefician.
Autoformación

Estructuras

Arreglo de infraestructuras necesarias para facilitar cambios.

Acuerdos:

Inclusión de la población meta en el diseño de la propuesta.
Participación funcional de las personas locales.
Objetivos claramente definidos
Evaluación periódica
Investigación compartida
Aprobación de iniciativa por parte de involucrad@s
Necesidad de continuidad y sostenibilidad.
Buscar la mas amplia participación de acuerdo a recursos disponibles.
Acuerdos con grupos meta para evitar renuencia y deserción.

ESTRATEGIAS

Hacer alianzas estratégicas, para acceso a tecnologías y recursos.
Hacer capacitaciones de acuerdo a la necesidad y objetivos, tecnológicas.
Identificar necesidades y presentar soluciones desde las necesidades.
Divulgación de la propuesta y su uso.
Proporcionar equipos apropiados.
Financiación de acuerdo a los apoyos y cambios esperados.
Trabajo con grupos interdisciplinarios.
Necesidad de sistema de evaluación claro-
Uso de lenguajes apropiados.
Uso de equipos e infraestructuras apropiadas

PRÁCTICAS ORGANIZACIONES

Objetivos claramente definidos.
Capacidad reacción a imprevistos.
Conocimiento del contexto y no suponerlo antes de la intervención.
Sistematización para divulgar.
Espacios de reflexión y discusión.
Disposición a hacer acuerdos con la comunidad.
Planificación y su aplicación.
Versatilidad y flexibilidad


mapeo de alcances
VISIÓN
Responsabilidad de Socias y socios
ALCANCES DESEADOS
SERÍA IDEAL
SERÍA POSITIVO
SE ESPERA
Señales de Progreso
DIÁLOGO Y ACUERDOS
Entre
socias Y socios
Y
equipo técnico Administrativo
ESTRATEGIAS para facilitar cambios de Socias y Socios proporcionadas por el equipo técnico y administrativo
Prácticas organizacionales del Equipo técnico y administrativo
LA MISIÓN
Responsabilidad de equipo técnico administrativo.

El diseño intencional

Es la primera etapa del mapeo y contiene los aspectos fundamentales para diseñar el seguimiento y de acuerdo a lo que expresa se conduce la evaluación.

El seguimiento se propone participativo en el mapeo con énfasis en los cambios acordados con Socias y Socios directos, estrategias para facilitar los cambios de socias y socios y las prácticas del equipo técnico administrativo- Sin embargo en este espació no se revisaron sus pasos.

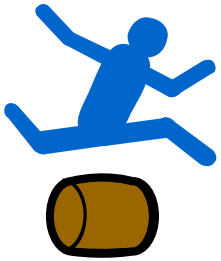
¿para que hacemos seguimiento?



- Informes y “Rendición” de cuentas



- Reflexión sobre nuestras propias acciones





- Aprendizaje a partir de nuestras acciones





- Negociación de futuras iniciativas



¿Quienes hacen el seguimiento?

¿Equipo de evaluación? 

¿Jefes? 

¿Equipo Social? 



¿Evaluadores externos?



¿Equipo Técnico?



¿Veedores comunitarios?

Principios de Planeación, Monitoreo y Evaluación en el Mapeo de Alcances

- ✓ Son participativos en el diseño y en el uso.
- ✓ Se parte de que el desarrollo es logrado POR y PARA las personas
- ✓ Enfatiza el aprendizaje social y organizacional

Principios de Planeación, Monitoreo y Evaluación en el Mapeo de Alcances

- ✓ Trabajar en donde se tiene influencia directa.
- ✓ Los resultados surgen de los cambios de comportamiento escogidos y hechos por las personas en su propio medio.
- ✓ La autoevaluación se fundamenta en el mejor conocimiento interno

Análisis de Situación

El mapeo no provee herramientas para que quienes están involucrados puedan establecer sus prioridades y hacer el análisis de su situación. Sin embargo sugiere como hacer un boceto histórico. Que puede ser combinado con esta herramienta utilizada en diagnóstico participativo rápido

Este es una breve mirada a una herramienta que se propone para revisar antecedentes y entender el contexto, a partir de ella se pueden derivar priorizaciones de atención-

- Esencialmente busca responder a la necesidad de entender en donde estamos parados.

SITUACIÓN DE ANALIZADA

Normas, leyes, Información y conocimiento, que inciden en la situación analizada

Eventos del Contexto Social, Económico, Político, educativo, y otros que se <u>percibe</u> que inciden indirectamente

SITUACIÓN ENFOCADA

que interesa ser abordada y está en el

ÁMBITO DE INFLUENCIA DIRECTA

INTERVENCIÓN PROPUESTA

Partiendo de un conocimiento o Diagnóstico y orientada por la VISIÓN para producir cambios en la *situación de analizada*.

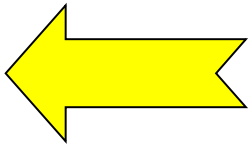
Factores que se <u>percibe</u> que inciden directamente en la situación Analizada.

Aproximación estratégica una vez evaluada la Situación de Interés

INTERVENCIÓN EN LA SITUACIÓN ENFOCADA
buscando producir cambios en el comportamiento con respecto a:

- ➔Lo social.
- ➔Lo ambiental,
- ➔ lo económico
- ➔Lo educativo
- ➔Lo informativo
- ➔Lo …..

Ampliar entradas favorables para la situación de analizada





Minimizar entradas desfavorables para la situación de analizada

- Claridad en quienes son **SOCI@S DIRECTOS y quienes el Programa**
- **VISIÓN** en la que convergen organizaciones y personas involucradas
- **ALCANCES DESEADOS** y **SEÑALES DE PROGRESO**. Expresados en cambios de comportamiento
- **MISIÓN** de la iniciativa
- **ESTRATEGIAS** de la organización para apoyar soci@s direct@s y estratégicos a realizar sus cambios
- **PRÁCTICAS DE LA ORGANIZACIÓN** para mantenerse vigente y ser sostenible durante su intervención

Etapa 1

Diseño Intencional



(Paso 1): VISIÓN

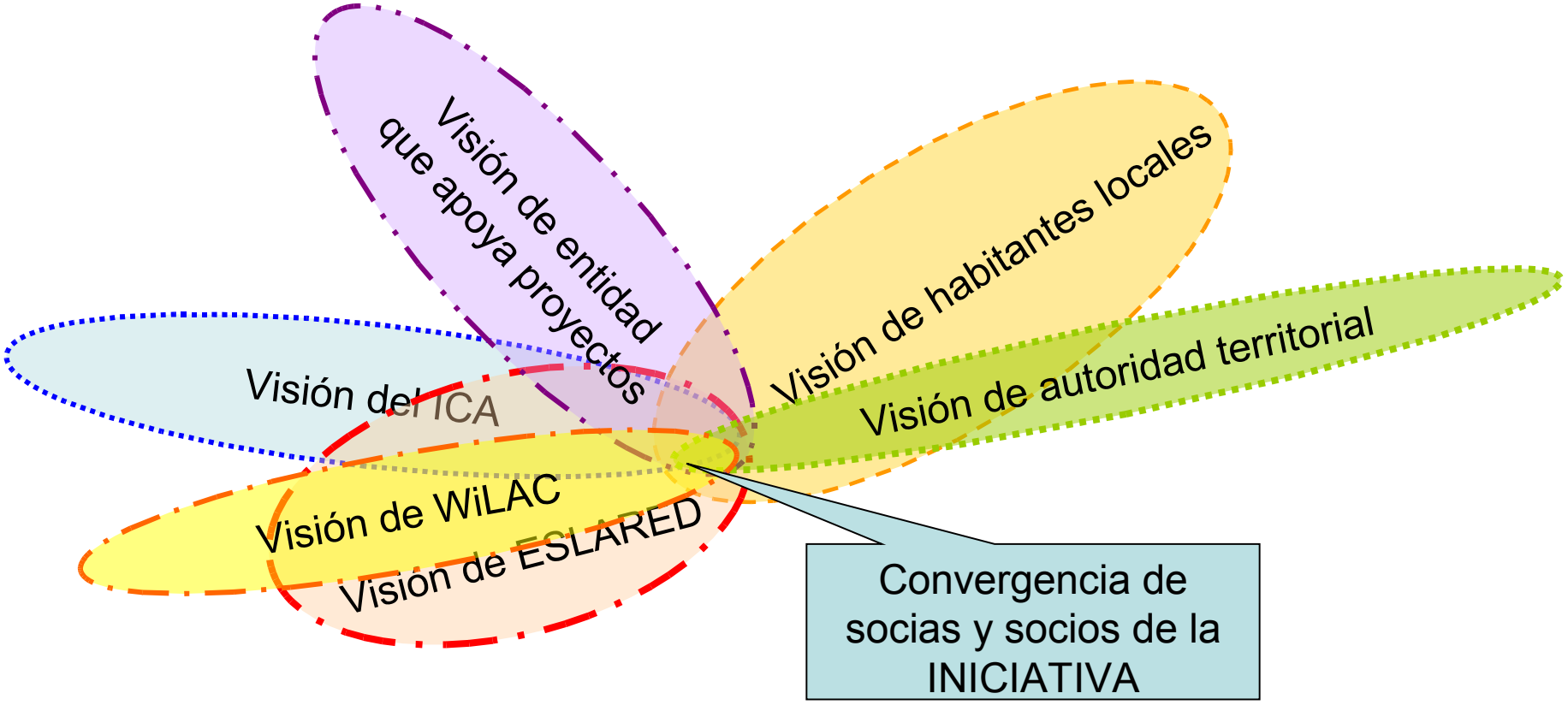
(Paso 1) La visión



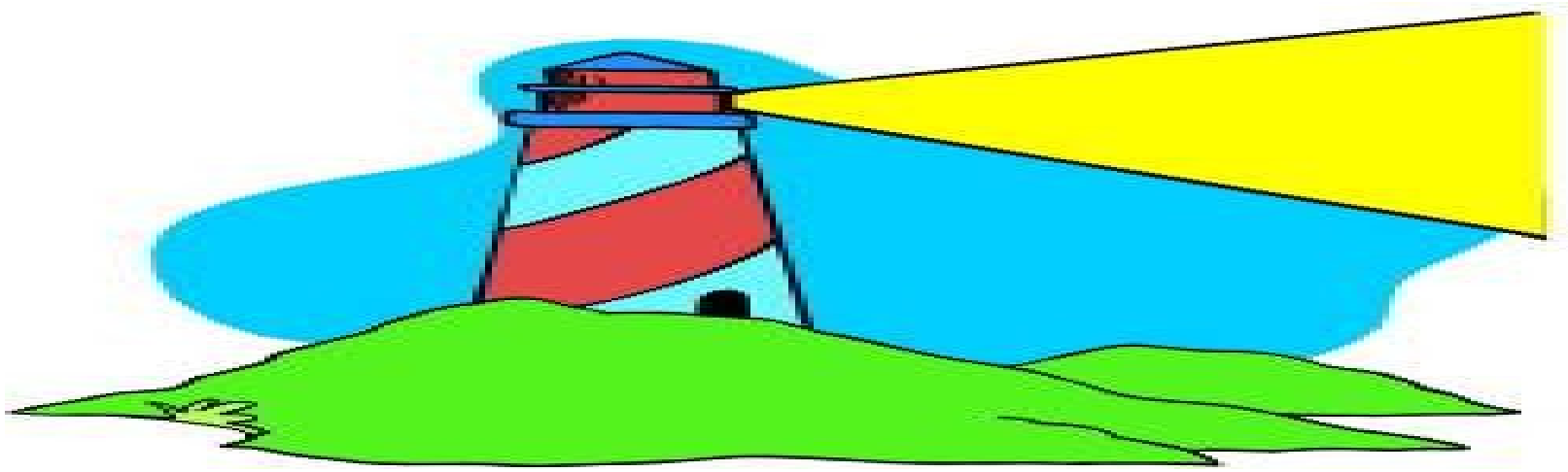
ES UNA GUÍA
que puede ahorrar algunos dolores de crecimiento porque permite conocer hacia donde nos dirigimos y hacia adonde se dirigen quienes quieren trabajar con nosotros

Encuentro de la visiones

Las diferentes visiones nos permiten saber que intereses nos acercan y que intereses no compartimos entre personas y organizaciones



Declaración de Visión



La visión describe las cambios a gran escala a los que el programa o la iniciativa quieren contribuir y alentar, es el sueño o ideal de mundo que se quiere apoyar.
La Visión guía las acciones de la Iniciativa.

Etapa 1

Diseño Intencional



¿QUIENES CONFORMAN EL PROGRAMA?

EL PROGRAMA

- Es el equipo técnico administrativo que se encarga de la ejecución del proyecto, tiene la responsabilidad de la administración y ejecución de los recursos.
- Responde por la rendición de cuentas y generalmente orienta la sistematización de reflexiones y aprendizajes-

Etapa 1

Diseño Intencional



Socios Directos y Socios Estratégicos

“Socias y Socios Directos”: definición

Aquellas personas, grupos, organizaciones, con los cuales **la iniciativa**:







- ✓ interactúa directamente para realizar los cambios acordados
- ✓ Negocia la intervención para realizar los cambios
- ✓ Su comportamiento es clave avanzar hacia la Visión respaldados desde la Misión.

mapeo de alcances

Influencia

Influencia de las personas y organizaciones por sus acciones en el campo conceptual



Alta Influencia

Baja Importancia

Alta Importancia **Alta Influencia**

Baja Importancia **Baja Influencia**

Alta importancia

Baja Influencia

"CERO" INFLUENCIA ACTORES POTENCIALES



Importancia de los actores a partir de sus acciones en el campo material.

Socios estratégicos:

- Aquellas personas y organizaciones con quiénes puede aliarse la iniciativa para lograr la misión.
- Es importante que **permanezcan en el contexto** pero no que cambien.
- Tienen información, conocimientos, recursos, influencias clave para apoyar el logro la misión.

Etapa 1

Diseño Intencional



(Pasos 4 y 5)
Alcances Deseados y
Señales de Progreso

Alcances Deseados: definición

- ✓ Descripción de los cambios de comportamiento (acciones personales, relaciones y actividades) consolidados en un socio o una socia directa, que permiten contribuir a la Visión declarada desde las acciones del programa.

Preguntas para definir Alcances deseados:

Para que nuestros Socios y socias directas contribuyan al logro de la misión

- ¿Qué estaría haciendo, Cómo se comportaría?
- ¿Con quiénes estaría interactuando?
- ¿Cuáles actividades estaría emprendiendo?

Las **señales de progreso** podemos imaginarlas como una rayuela, peregrina, golosa



en donde los cuadros son un conjunto de cambios de comportamiento que consolidan el cambio.

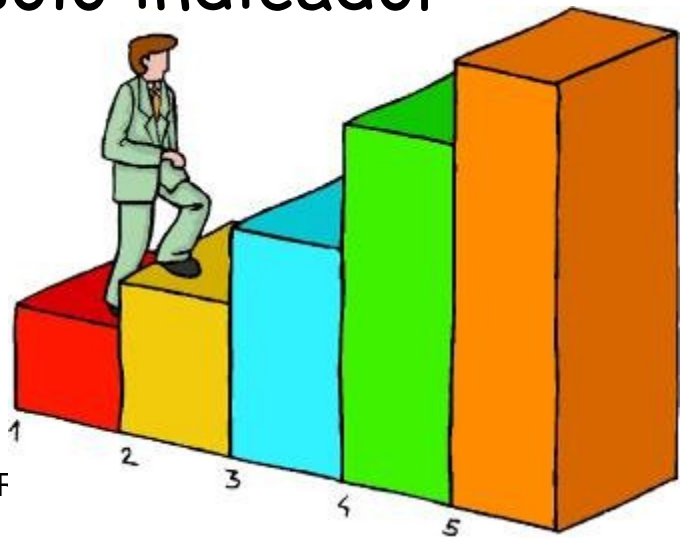
Señales de progreso: definición

- ✓ Un conjunto graduado de ideas que describen la progresión de cambios de comportamiento
- ✓ Muestran avances hacia el alcance deseado
- ✓ Pueden ser observadas y monitoreadas

Señales de Progreso Graduadas

- Van de los cambios de comportamiento más simples a los más complejos
  Reacción, aprendizaje, transformación

- Tienen información muy articulada por ser un conjunto y no un solo indicador



En conjunto, las señales de progreso

- ✓Permiten entender la complejidad del cambio en las personas que trabajan para el logro de un alcance deseado.
- ✓ Estimulan a la iniciativa a considerar cómo contribuir a lograr la transformación mas profunda posible en Socias y Socios
- ✓Facilitan las correcciones y mejoras sobre la marcha
- ✓NO es una lista independiente de metas!

Preguntas de facilitación para hacer Señales de progreso:

¿Cómo puede la iniciativa saber si LAS SOCIAS directas avanza hacia el alcance deseado?

- ¿Qué es lo Mínimo Que Se Espera?
- ¿ Qué sería Positivo?
- ¿Qué Sería Ideal para afianzar el alcance deseado?
- ¿Qué haría mejor? ¿Qué haría diferente? ¿Qué innovaría?

Etapa 1

Diseño Intencional



Estrategias y Prácticas de la Organización

Estrategias : NO- definición

- ✓ Un conjunto integral de recursos que dispone el programa para apoyar los cambios de comportamiento de los socios directos (estratégicos) de manera que puedan hacer su aporte a la Visión.
- ✓ y los orienta de acuerdo a la naturaleza del cambio de comportamiento deseado y acordado: Reactivos, Aprendizaje Y Transformación,

Practicas de la Organización
: NO- definición

- ✓ Un conjunto integral de recursos con los que cuenta o puede contar el programa, para garantizar el desempeño y la sostenibilidad de la organización.

En virtud del control que pude tener una organización ejecutora, debe comprometerse a REALIZAR la MISIÓN y CONTRIBUIR al IMPACTO deseado.

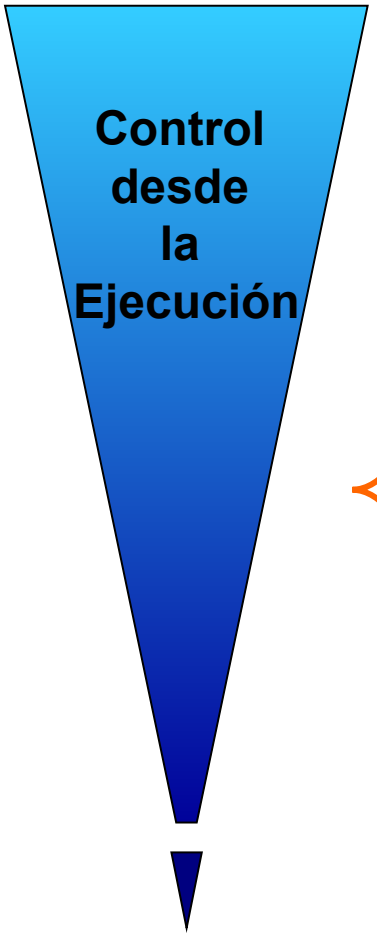
insumos

Productos

Actividades

ALCANCES

IMPACTOS



MISIÓN

Aporte
a la
Visión

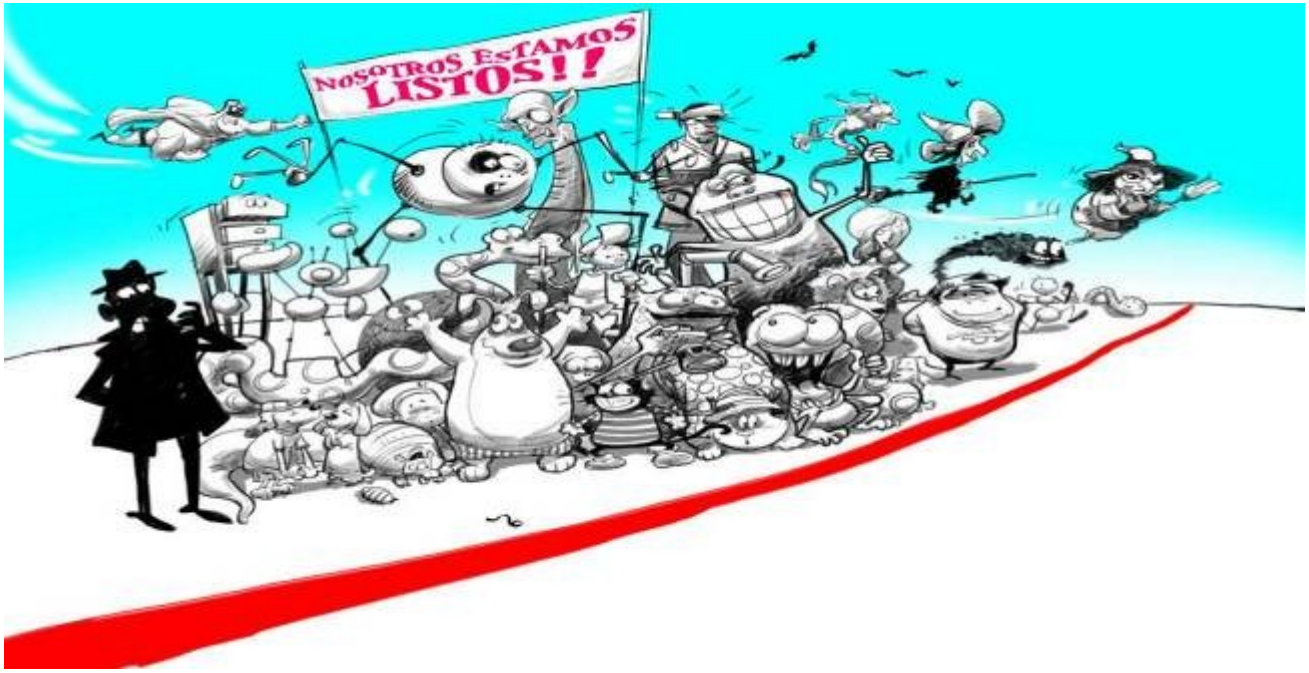
Etapa 1

Diseño Intencional



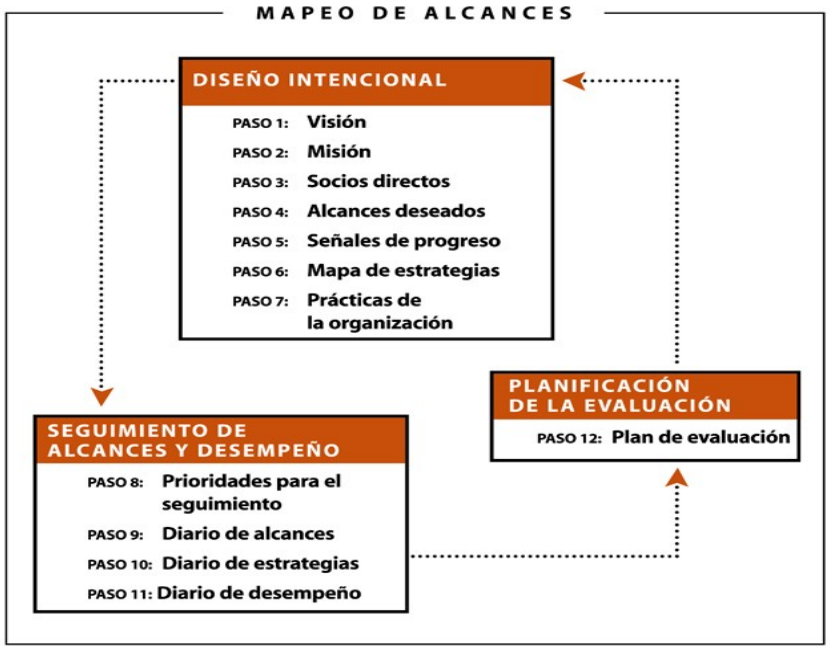
MISIÓN

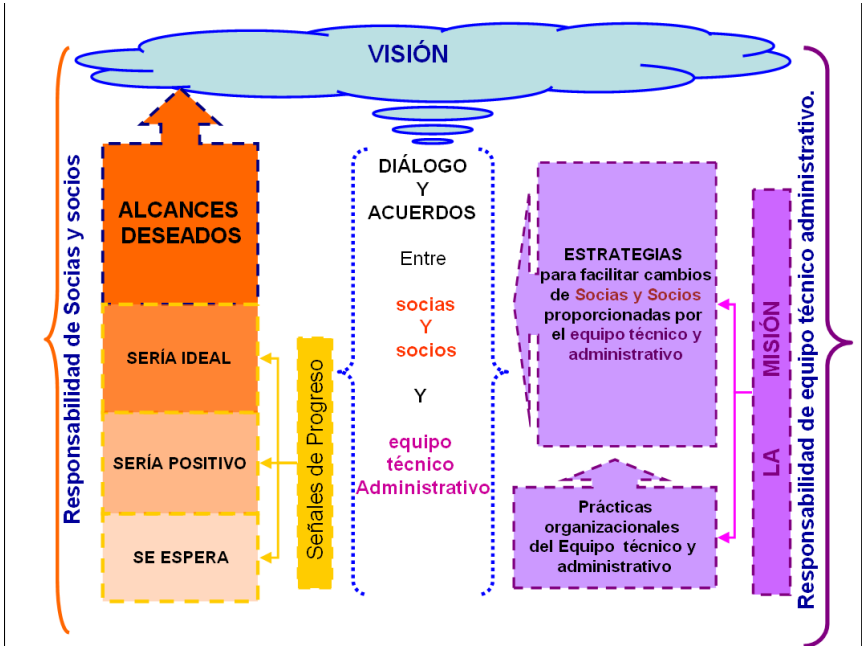
Declaración de Misión



La misión describe las áreas de acción en las que trabajará el equipo técnico administrativo para apoyar los cambios o alcances con los que se comprometen los socios, da una idea general de lo que proponen las estrategias y las practicas de la organización .

los pasos y su orden





- Mapeo abordado desde la secuencia “jerárquica” de los pasos en el libro

- Mapeo abordando los pasos desde la responsabilidad de organizaciones y personas involucradas-

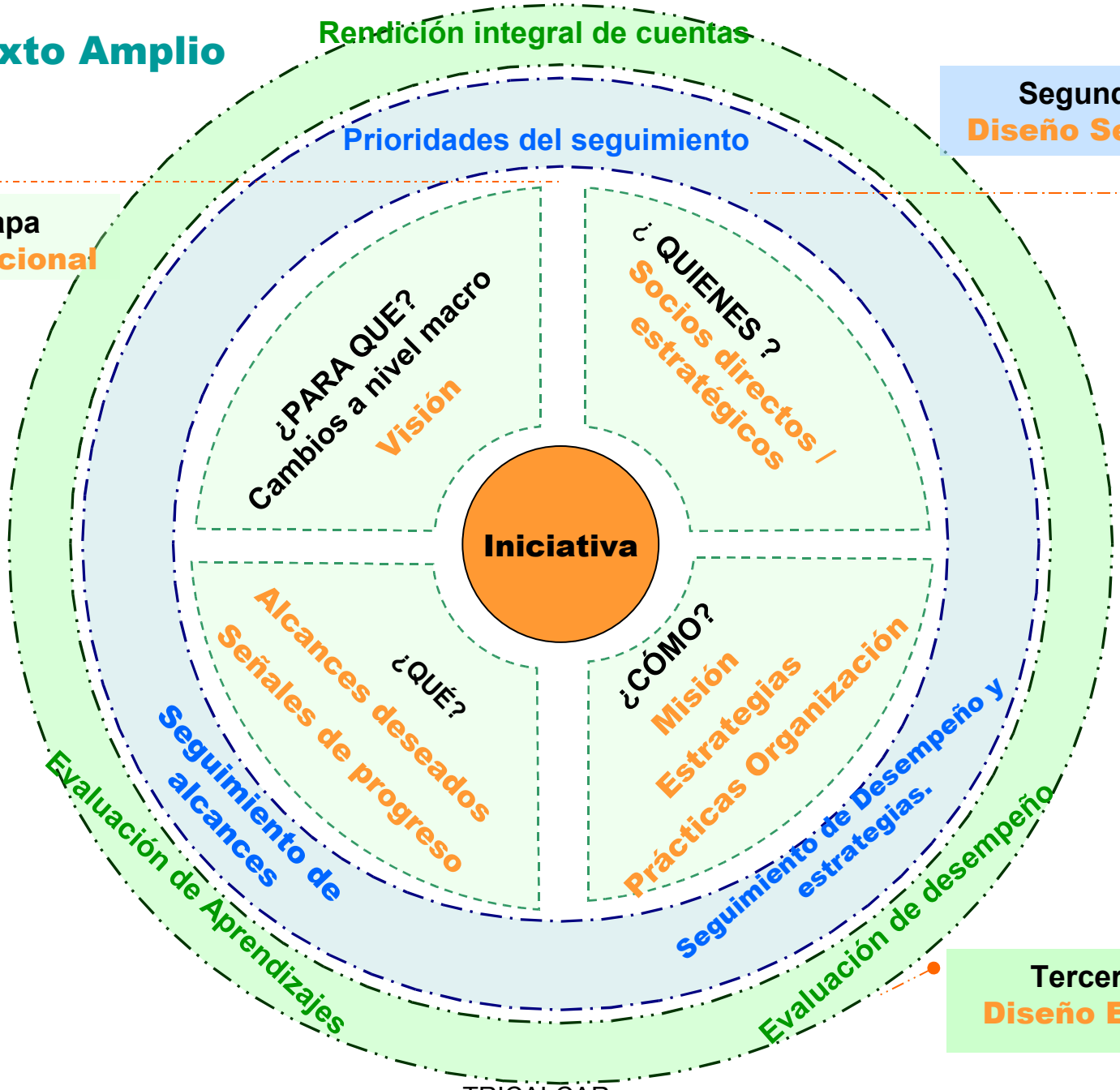
LAS ETAPAS DEL

MAPEO DE ALCANCES

Y

ALGUNOS DE SUS ATRIBUTOS

Contexto Amplio



Primera Etapa
Diseño Intencional

Segunda Etapa
Diseño Seguimiento

Tercera Etapa
Diseño Evaluación

A modo de información se presenta la Matriz del plan de seguimiento

- Esta es una de las herramientas que provee el mapeo de alcances para definir aspectos básicos de la planeación.

- Se refiere a los tres aspectos sobre los que el mapeo plantea el enfoque del seguimiento: Alcances y señales de progreso, estrategias y prácticas de la organización.

mapeo de alcances

Hoja de Seguimiento 1: plan de seguimiento

Prioridad de seguimiento	¿Quién utilizará la información	Objeto de la información	¿Cuándo se precisa la información?	¿Quién recopila la información?	¿Con qué frecuancia se recopila?	¿Cómo se recopilará?	Herramienta de seguimiento propuesta
Logro de los alcances por parte del socio directo							Diario de alcances
Estrategia del programa							Diario de estrategias
Prácticas de organización del programa							Diario de desempeño

Profundizar en el mapeo de Alcances

- Cuando se tiene el recurso de un taller inicial es relativamente mas fácil abordar el mapeo desde el libro original que se puede obtener en versión electrónica en la página WEB del Centro latinoamericano para Mapeo de Alcances CLAMA http://mapeodealcances.net/sitio/

También está disponible el acceso al foro sobre Mapeo de Alcances que se proyecta activar en Julio 2008 en la misma página.

Orientación sobre la aplicación es posible por email. Dirigir correo a jpachecoarrieta@une.net.co