



- **MAGNITUDES ELÉCTRICAS**
- **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

jesús ángel pisano alonso
departamento de ingeniería eléctrica.
pisano@eii.uva.es

AVISO

**LAS SIGUIENTES IMÁGENES PUEDEN HERIR
LA SENSIBILIDA DEL EXPECTADOR....**

EFFECTOS DE LA ELECTRICIDAD – QUEMADURAS Y OTRAS LESIONES



Herida de Entrada



Herida de Salida



Arcos eléctricos



Quemadura de contacto



Lesiones internas por quemaduras de contacto



Contracción involuntaria

- Pocos Accidentes - Muy graves
- 70% en BT
- 73% Conductas incorrectas

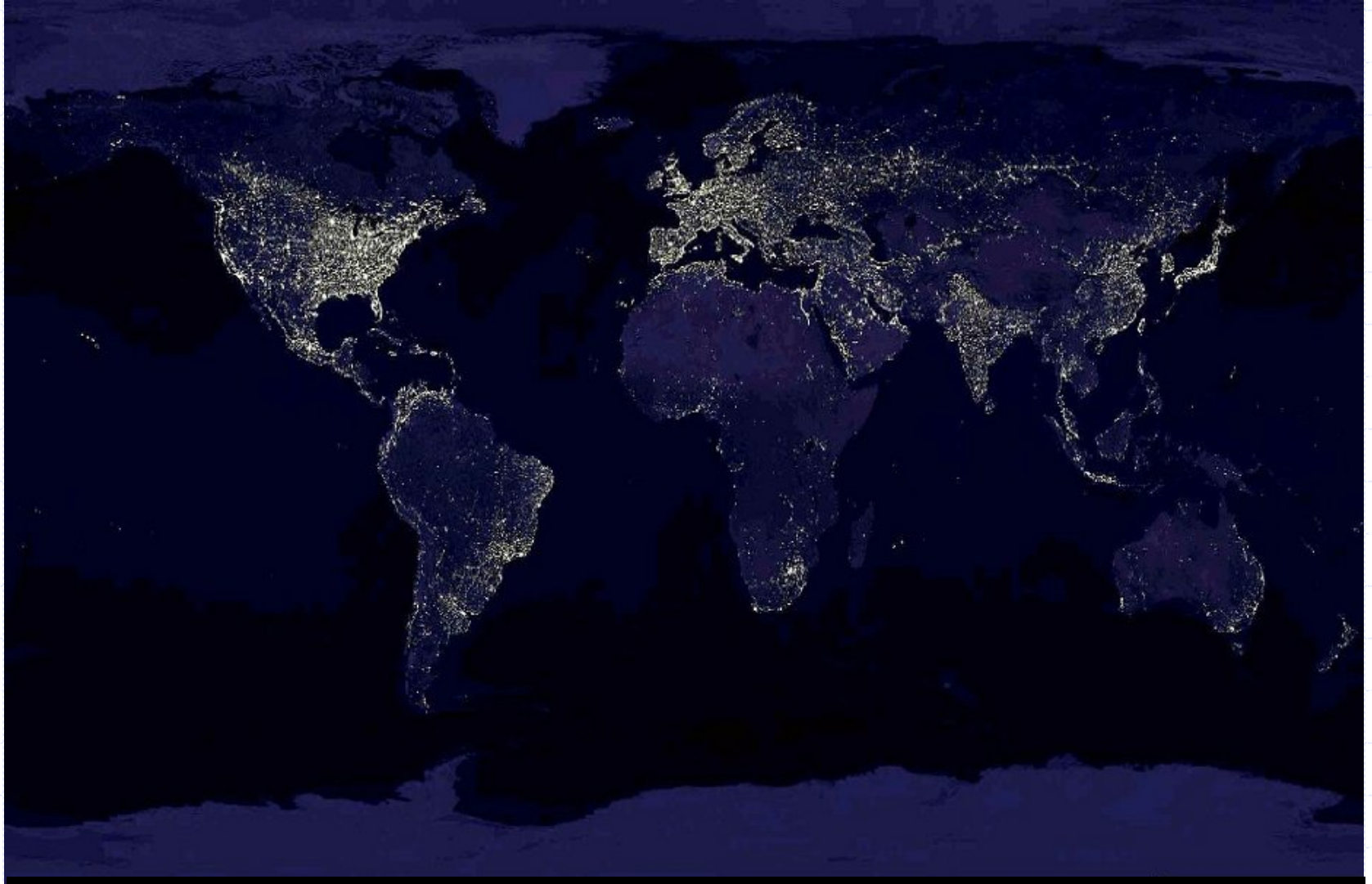
Peligrosidad de la energía eléctrica. Clasificación según las causas.

Razones:

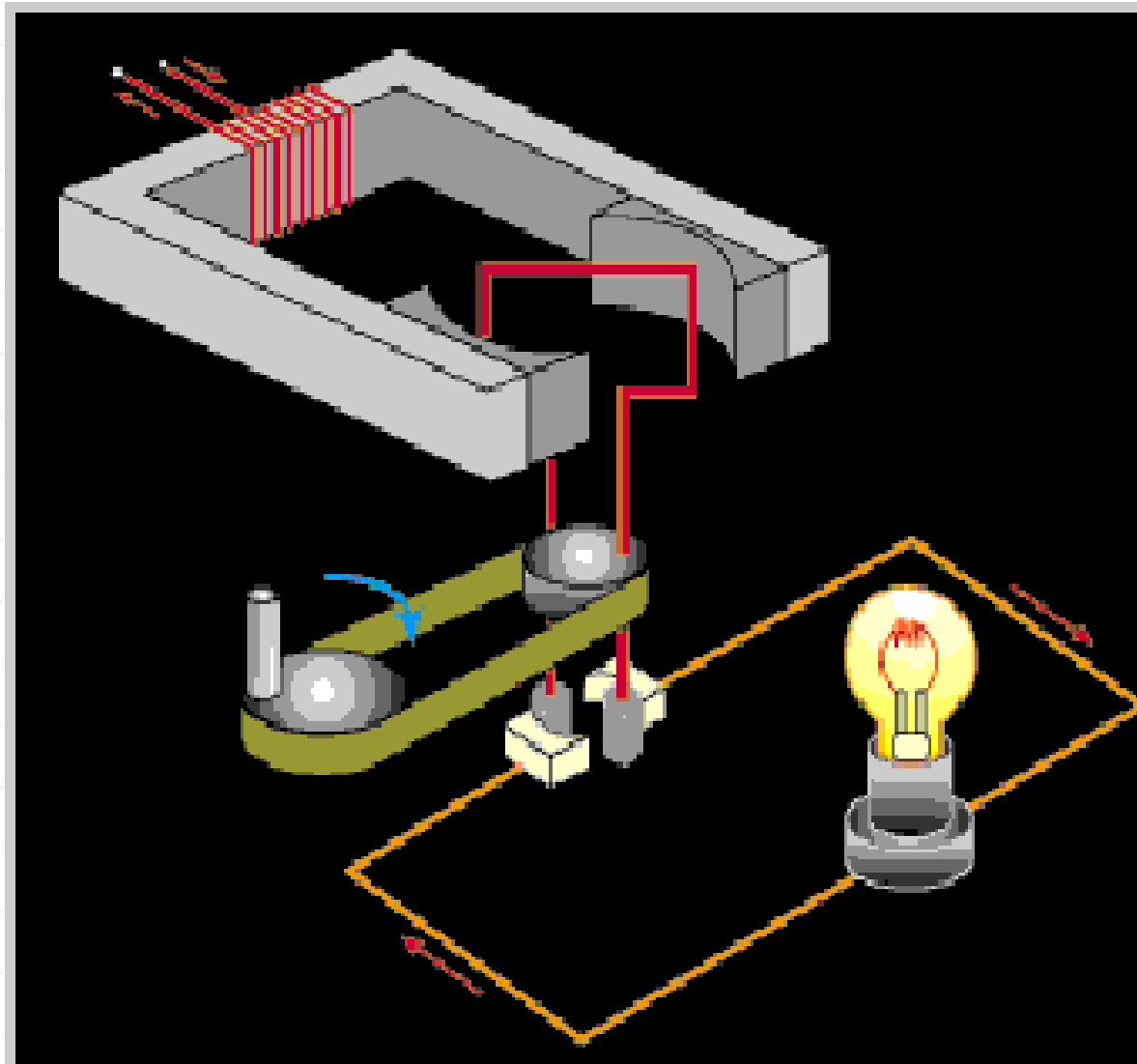
- La energía que puede desarrollar, en caso de defecto.
- Sus efectos sobre el cuerpo humano.
- El peligro que presenta no es *evidente*.
- *Todos* la utilizamos. Convivimos con la energía eléctrica.
- No todos sabemos manejarla.

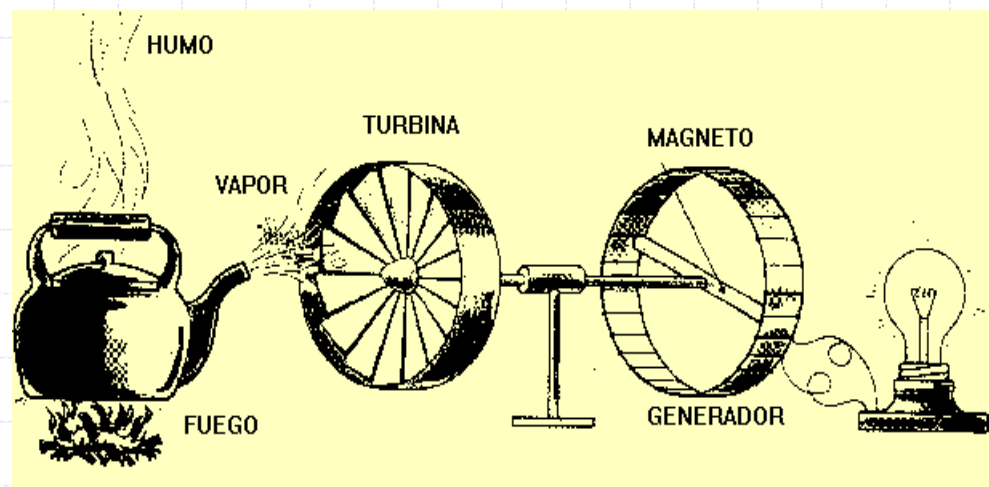
Pocos accidentes – MUY GRAVES

GRUPOS DE CAUSAS	% TOTAL	% PARCIAL
<i>POR CONDUCTA PERSONAL</i>	73,5	
Omisión de Normas de Seguridad		41,2
Conducta incorrecta accidentado		13,8
Conducta incorrecta otras personas		18,5
<i>POR CAUSAS TÉCNICAS</i>	26,5	
Defectos en elementos de servicio		19,8
Defectos en instalaciones		6,7



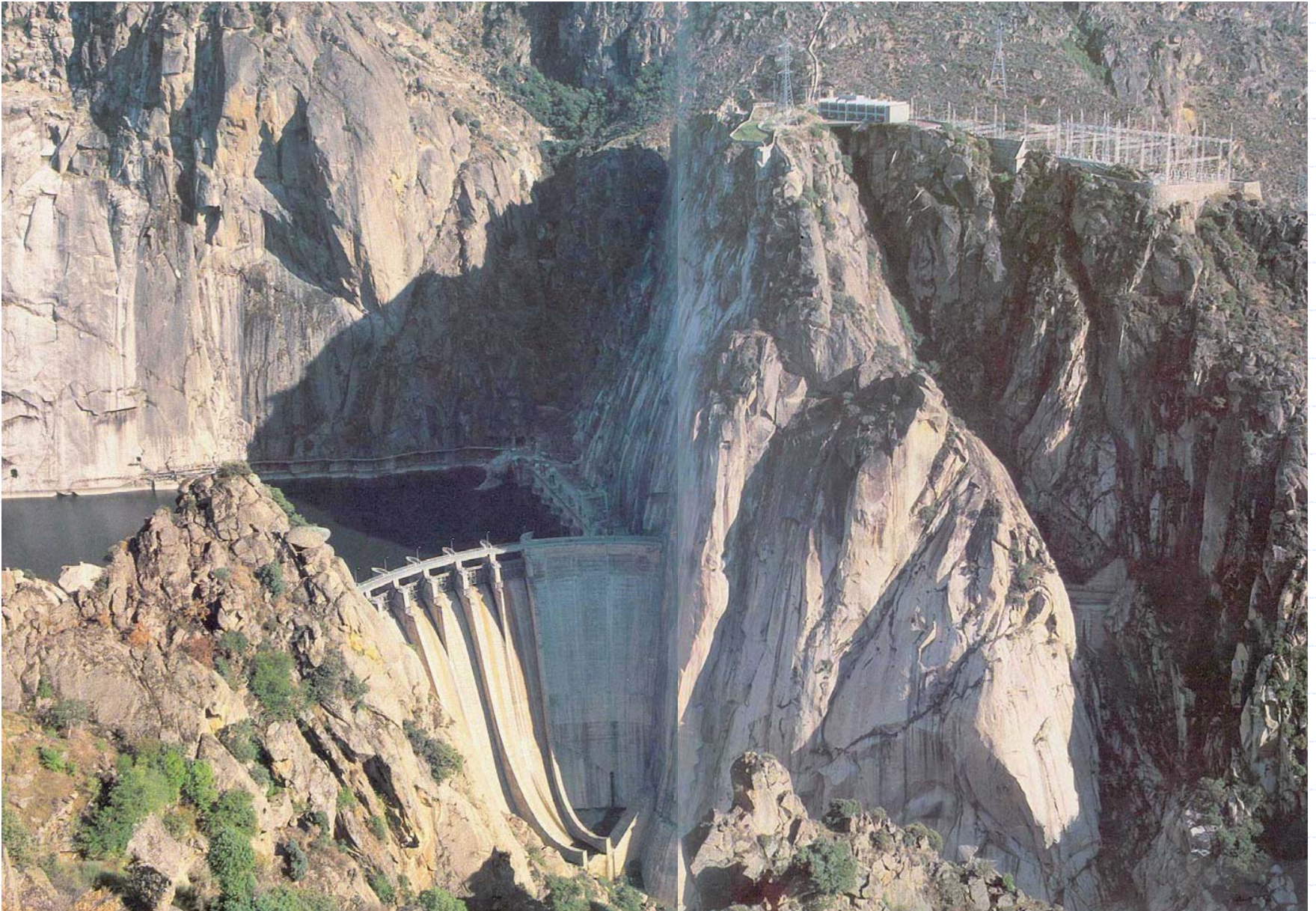
En la actualidad, sólo uno de cada cuatro habitantes del planeta tiene acceso a la electricidad....





El apagón

CATALUÑA PADECIÓ ayer un inmenso apagón. Una avería en la red básica de distribución de energía eléctrica paralizó toda la comunidad. El apagón, por fortuna, se produjo a primeras horas de la tarde, por lo que la misma naturaleza que envió el rayo desencadenante del caos se entretuvo en alumbrar el desconcierto de un ciudadano que jamás piensa en la posibilidad de vivir sin las comodidades que la tecnología le otorga. De repente, ningún semáforo ordenaba el tráfico, los trenes se quedaban inmovilizados y todo aquello que funciona por ir enchufado dejó de hacerlo: desde los focos de un quirófano hasta los utensilios domésticos. Esta situación puso a prueba la capacidad de reacción de una sociedad —y de quienes la administran— ante algo tan inesperado. Al margen de valoraciones sobre este punto, a nadie se le escapó ayer en Cataluña la fragilidad, y omnipresencia, de una tecnología que puede quedar repentinamente inútil cuando no puede ser alimentada. Los ciudadanos nos hemos acostumbrado a creer casi naturales los muchos artificios que nos alivian la vida. Este momentáneo regreso al pasado no deja de ser una lección de humildad para el orgullo metropolitano.







MAGNITUDES ELÉCTRICAS

TENSIÓN ELÉCTRICA.

Capacidad de originar una corriente eléctrica. Símbolo: U

(Es una magnitud definida siempre entre dos puntos)

También llamada “diferencia de potencial”. Se mide en VOLTIOS (V)

CORRIENTE ELÉCTRICA.

Desplazamiento de cargas eléctricas negativas (electrones), en un material. Símbolo: I

(Es una magnitud definida siempre en un punto)

A veces llamada “intensidad”. Se mide en AMPERIOS (A)

MAGNITUDES ELÉCTRICAS

ENERGÍA ELÉCTRICA.

Capacidad de realizar un trabajo.

Se mide en: Joules. Símbolo: J. A veces en kWh

POTENCIA ELÉCTRICA.

Velocidad a la que se consume la energía.

Se mide en: Joules/seg. Símbolo: J/s = W (watio)

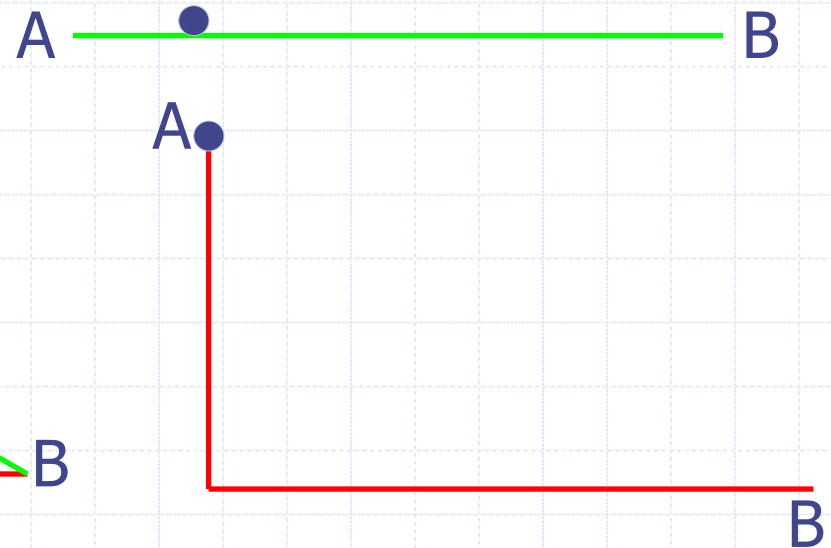
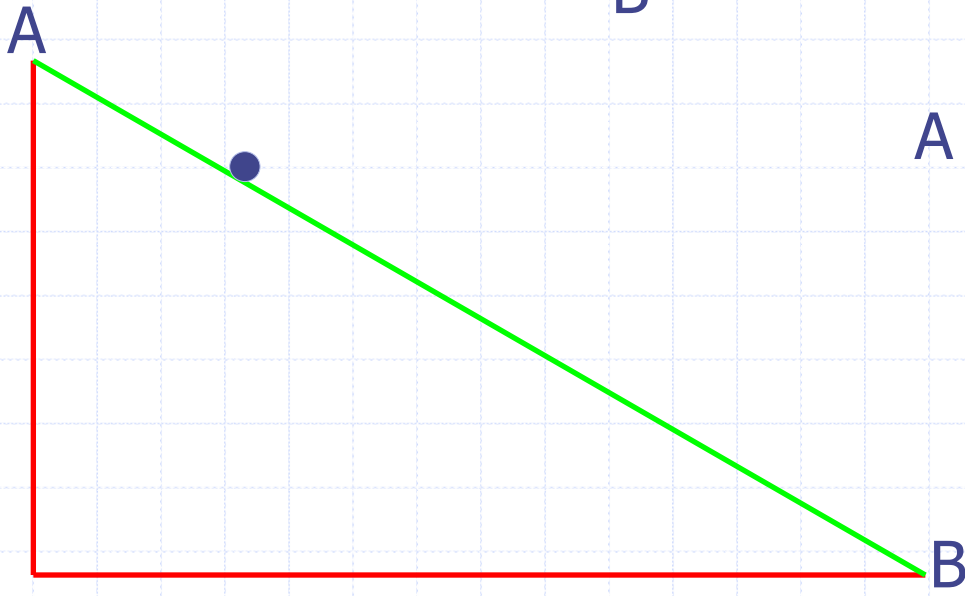
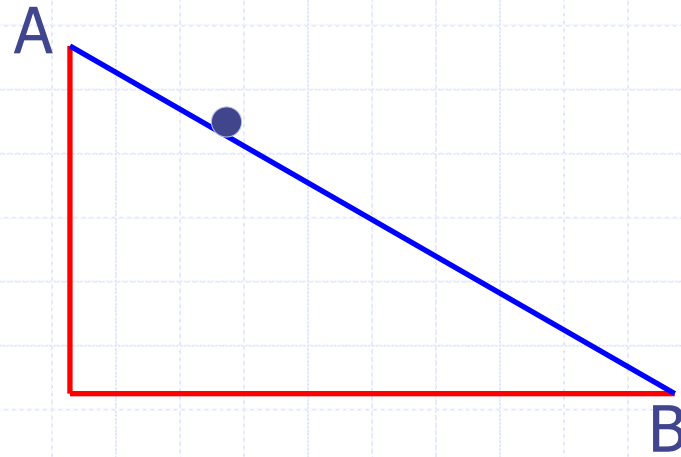
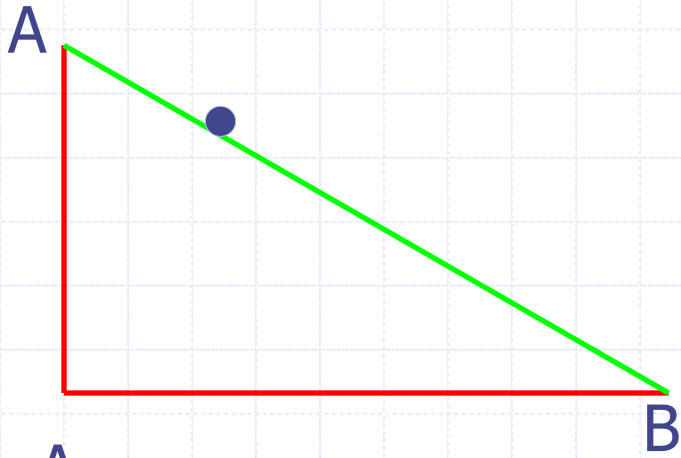
Algunas relaciones

Energía = potencia * tiempo

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} * 3600 \text{ s} = 1000 \text{ J/s} * 3600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ J}$$

En general: potencia = tensión * intensidad

MAGNITUDES ELÉCTRICAS

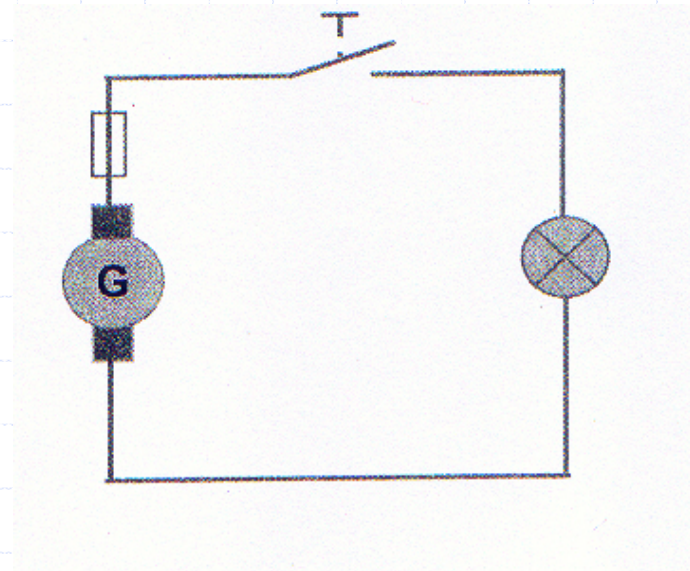


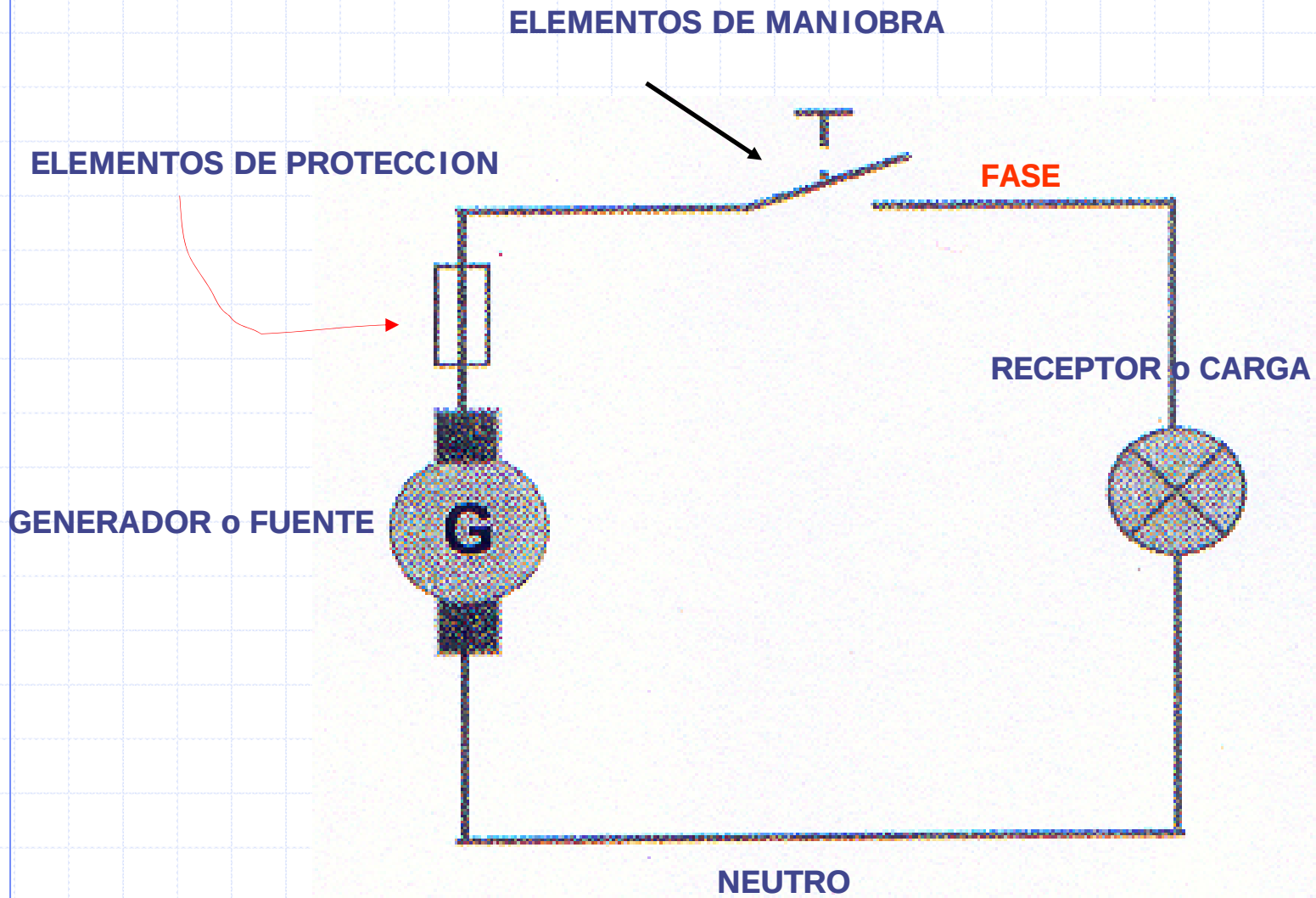
CONDUCTORES: aquellos materiales que permiten el paso de la corriente eléctrica.

AISLANTES: aquellos materiales que NO permiten el paso de la corriente eléctrica.

CIRCUITO ELÉCTRICO: es el camino que recorre la corriente eléctrica.

Todos los circuitos eléctricos constan básicamente de generador, conductores eléctricos, dispositivos de protección, dispositivos de maniobra y receptores.





RESISTENCIA ELÉCTRICA

ES LA MAYOR O MENOR DIFICULTAD OFRECIDA POR UN MATERIAL AL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Se representa por R y se mide en ohmios.

LEY DE OHM

$$I = U / R$$

La intensidad de corriente circulante por un circuito eléctrico es proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.

ALGUNAS DEFINICIONES

La corriente eléctrica

Es la cantidad de electrones que circulan por un cable. Se puede asimilar a la cantidad de agua que circula por una tubería.

En los textos y formulas, la corriente eléctrica se simboliza por la letra “**I**”

La unidad de medida de la corriente es “el amperio”, representado por una “**A**” mayúscula.

La tensión eléctrica.

Su verdadero nombre es “**diferencia de potencial**” pero normalmente se utiliza el término “tensión eléctrica”. Es la “fuerza” potencial de corriente eléctrica.

Podemos compararla a la presión del agua de un grifo. A mayor presión, más fuerza tiene el agua.

Se simbolizada por las letras “**U**”, “**E**” o « **V** ».

La unidad de medida de la tensión es el «**voltio**» simbolizado por la letra “**V**” mayúscula.

La resistencia eléctrica:

Es la propiedad que tiene un material de oponerse al paso de la corriente.

Podemos compararla al diámetro de un tubo. Cuanto más pequeño es el tubo más se opone al paso del agua.

La resistencia se simbolizada por la letra “**R**”.

La unidad de medida de resistencia es el **Ohmio** simbolizado por la carta griega Ω .

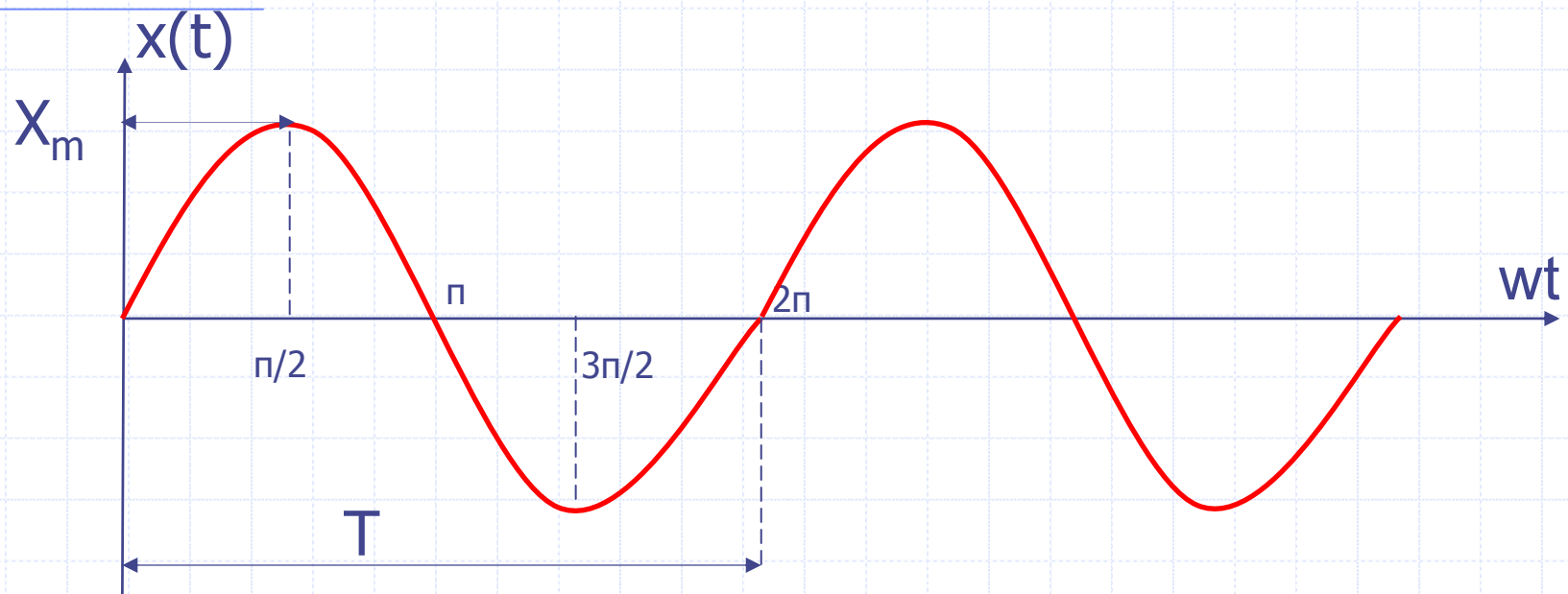
La potencia eléctrica

La potencia eléctrica es suministrada por un generador y es consumida por un receptor. La potencia nominal de un receptor es la potencia consumida por el aparato en funcionamiento normal. Esta es indicada generalmente por el fabricante Se expresa en **Vatios (W) o en kilovatios (kW)**.

Las dos formas de onda

Las formas de onda de un circuito dependen generalmente de la naturaleza de la corriente que es variable o constante. Cuando esta corriente es variable y su valor medio es cero podemos decir que estamos en presencia de una **corriente alterna** (los electrones se desplazan en vaivén) y por consiguiente, la tensión varía alternativamente. Recordemos que en este caso la frecuencia y el período son magnitudes que hay que tener en cuenta, ejemplo de Frecuencia usual: 50Hz (Hertzios).

Mientras que un circuito eléctrico que tiene una corriente a valor medio no nulo es un circuito llamado de **corriente continua**. En este caso, podemos considerar que los electrones se desplazan en la misma dirección.



$$x(t) = X_m \text{sen} \omega t$$

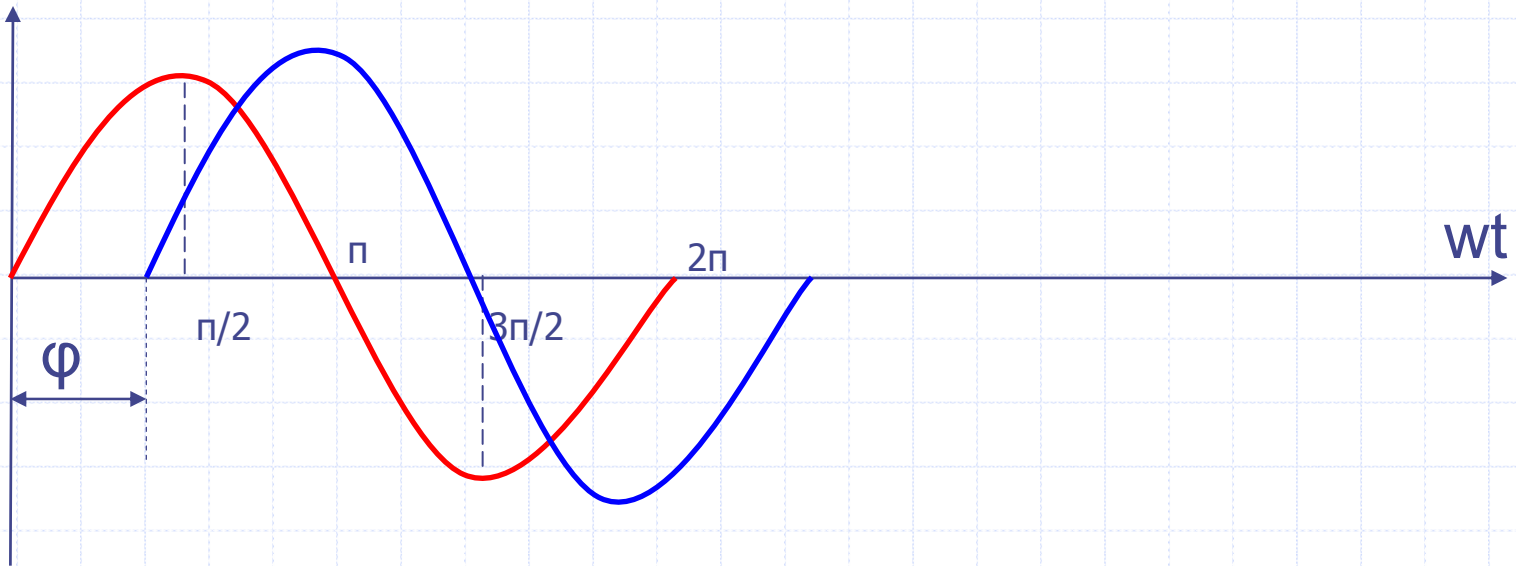
T : período (en segundos).

$f = 1/T$; frecuencia.

$\omega = 2\pi f$

X_m : amplitud o valor máximo.

$X_m = \sqrt{2} X$; X : valor eficaz

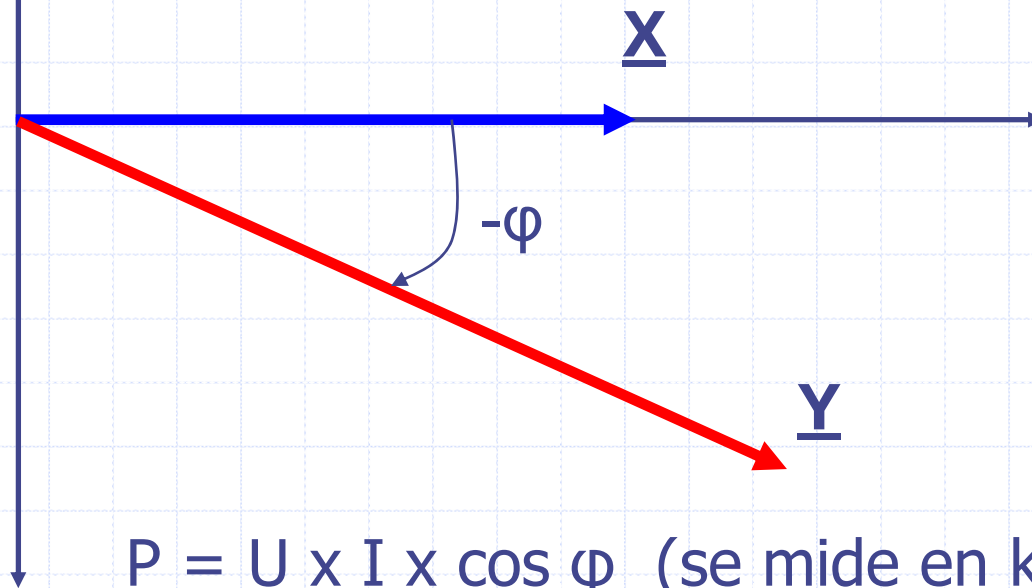


$$x(t) = X_m \sin \omega t \quad y(t) = Y_m \sin(\omega t - \varphi)$$

La magnitud $y(t)$ está retrasada un ángulo φ respecto a la magnitud $x(t)$

Habitualmente, es la tensión la que se toma como referencia.

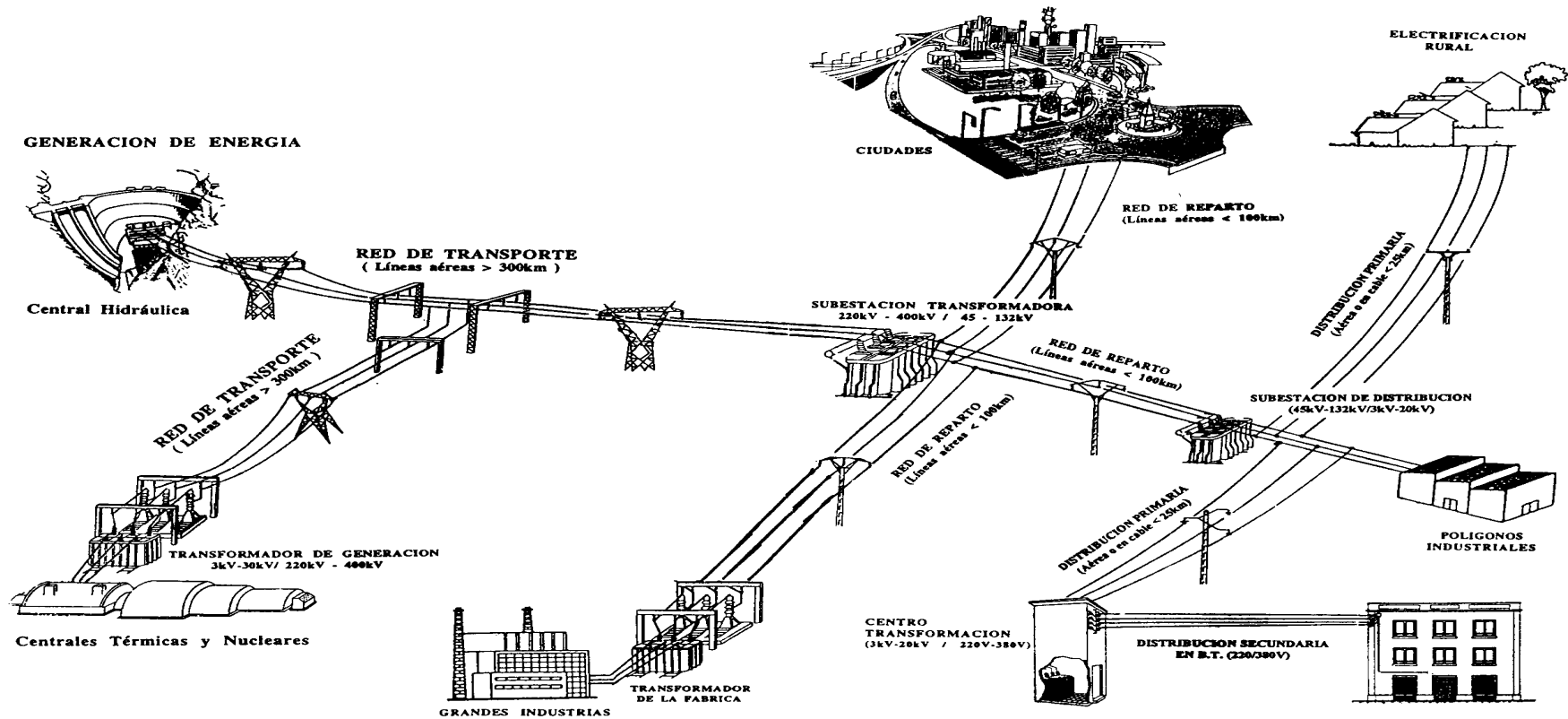
$\cos \varphi$ recibe el nombre de "factor de potencia"

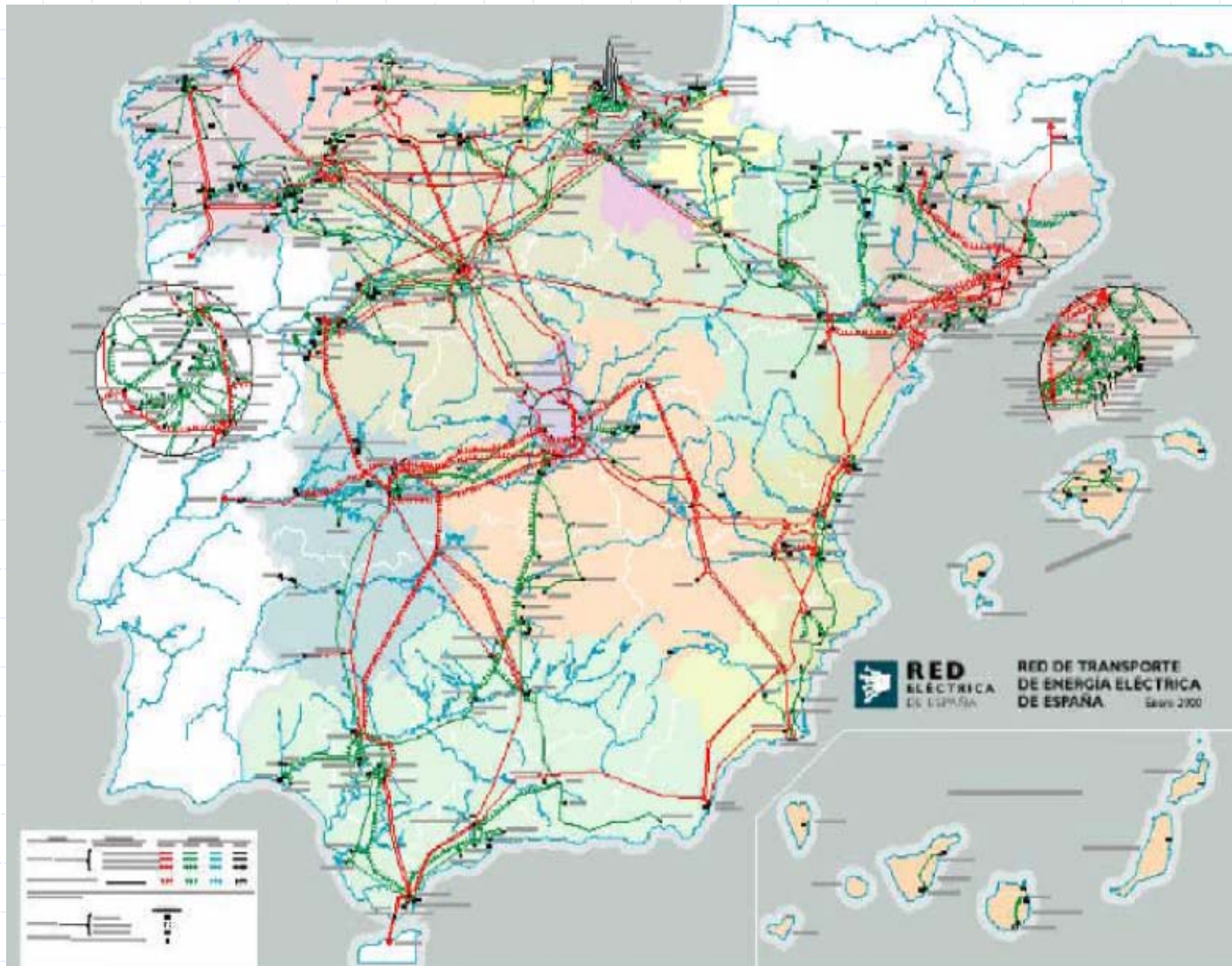


$$P = U \times I \times \cos \varphi \text{ (se mide en kW)} = R I^2$$

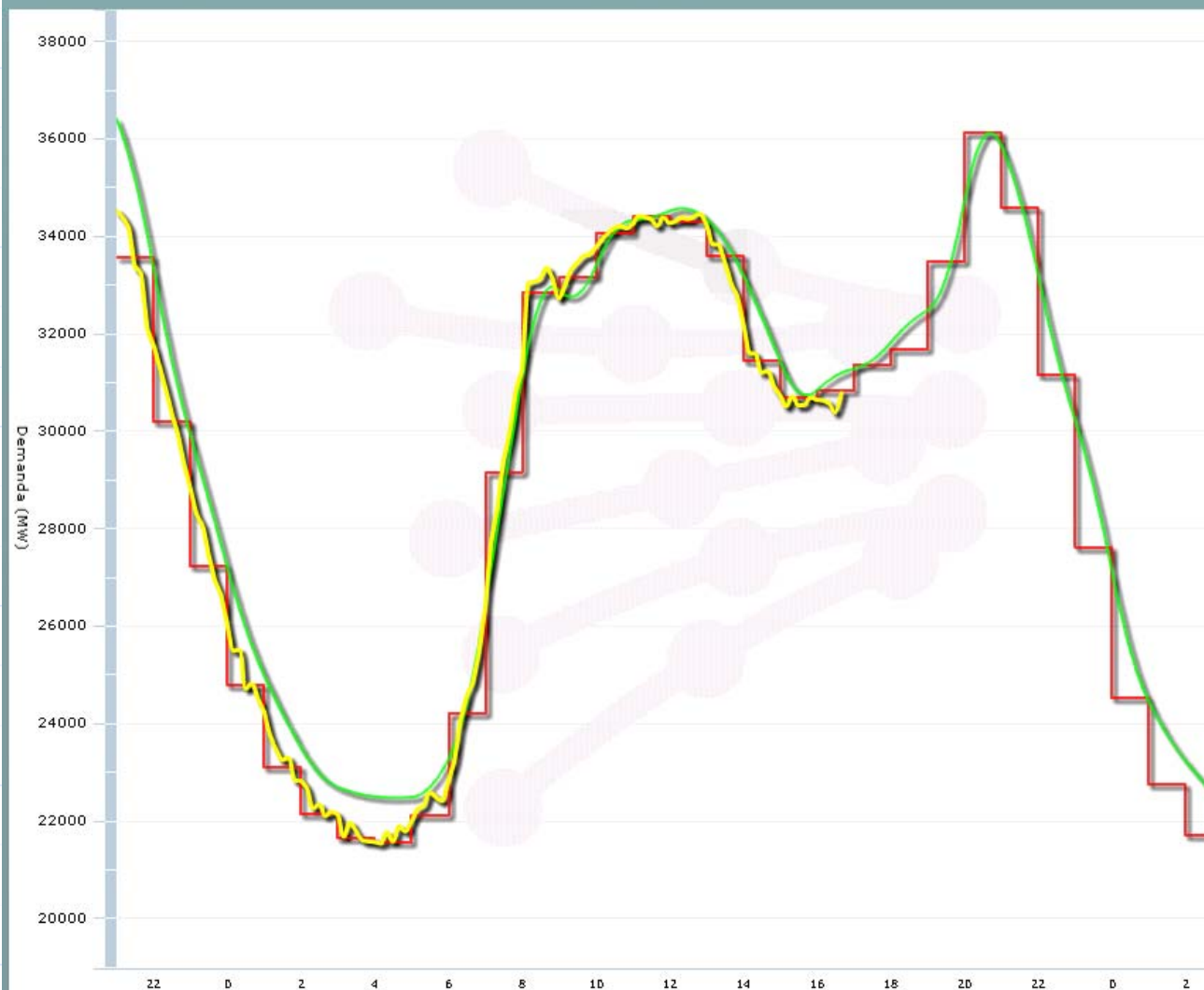
$$Q = U \times I \times \sin \varphi \text{ (se mide en kVAr)}$$

Esquema de un Sistema Eléctrico.

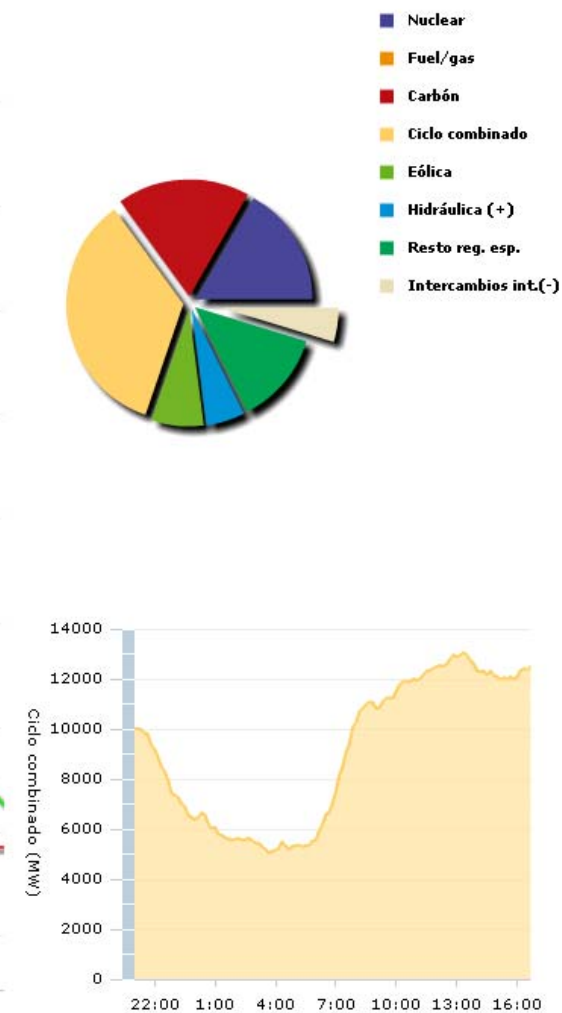




Demanda de energía eléctrica en tiempo real y estructura de generación

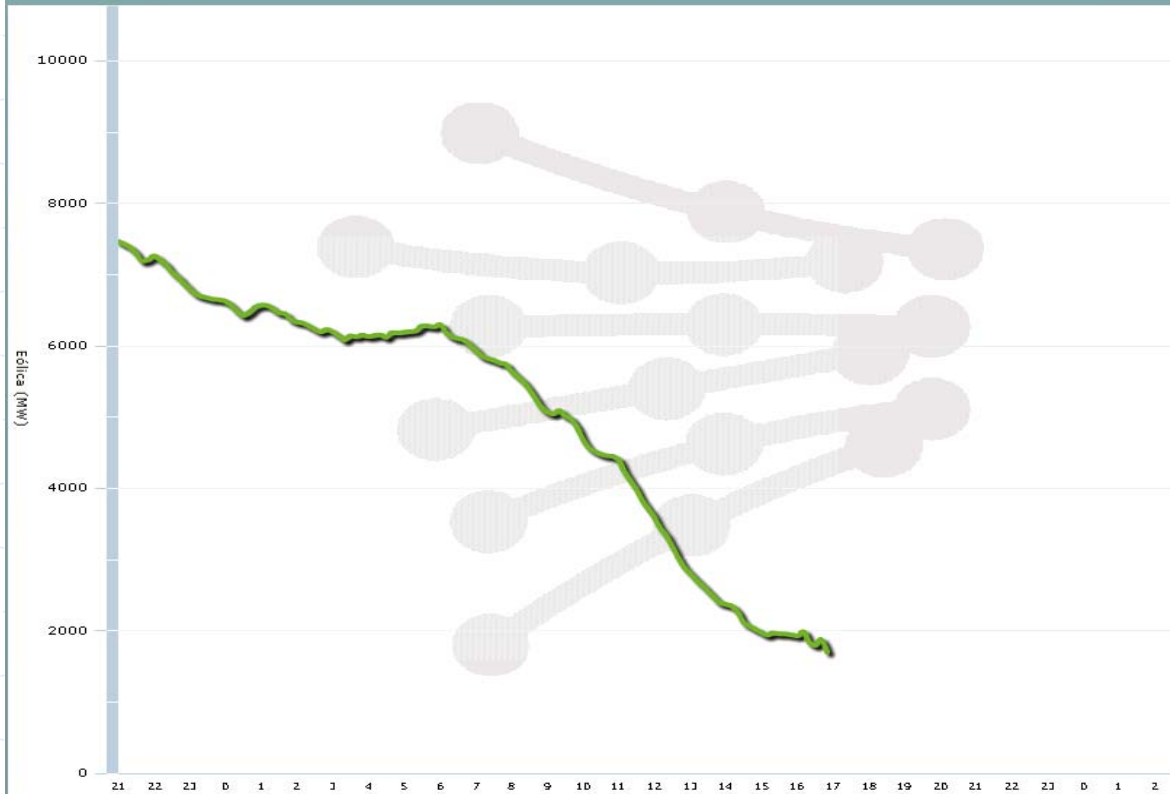


Estructura de generación a las 13:10



Valores de demanda (MW) a las 16:40 del 23/10/2008 ■ Real = 30787 ■ Prevista = 31199 ■ Programada = 30834

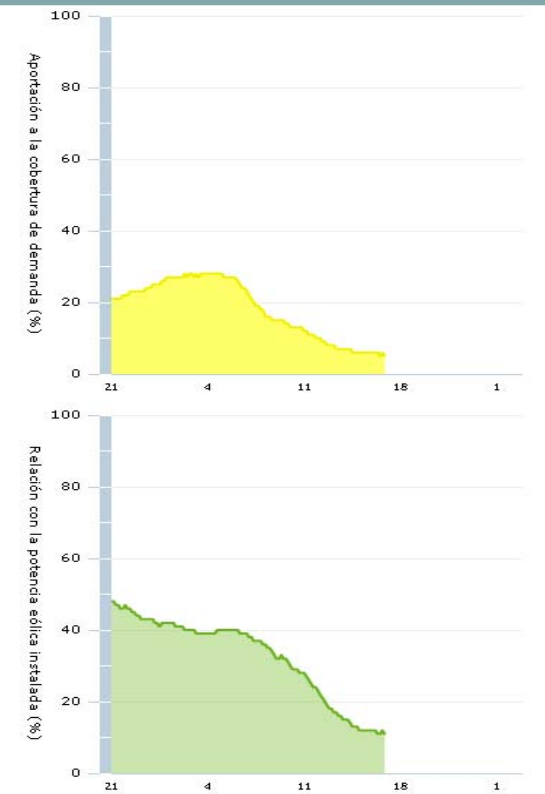
Generación de energía eólica en tiempo real, relación con la potencia eólica instalada y aportación a la demanda.



Valor estimado de generación eólica a las 16:50 del 23/10/2008 : 1701(MW).

Supone un 11% de la potencia total eólica instalada y una aportación del 5% a la cobertura de la demanda.

© RED ELECTRICA DE ESPAÑA - www.ree.es • Todos los derechos reservados



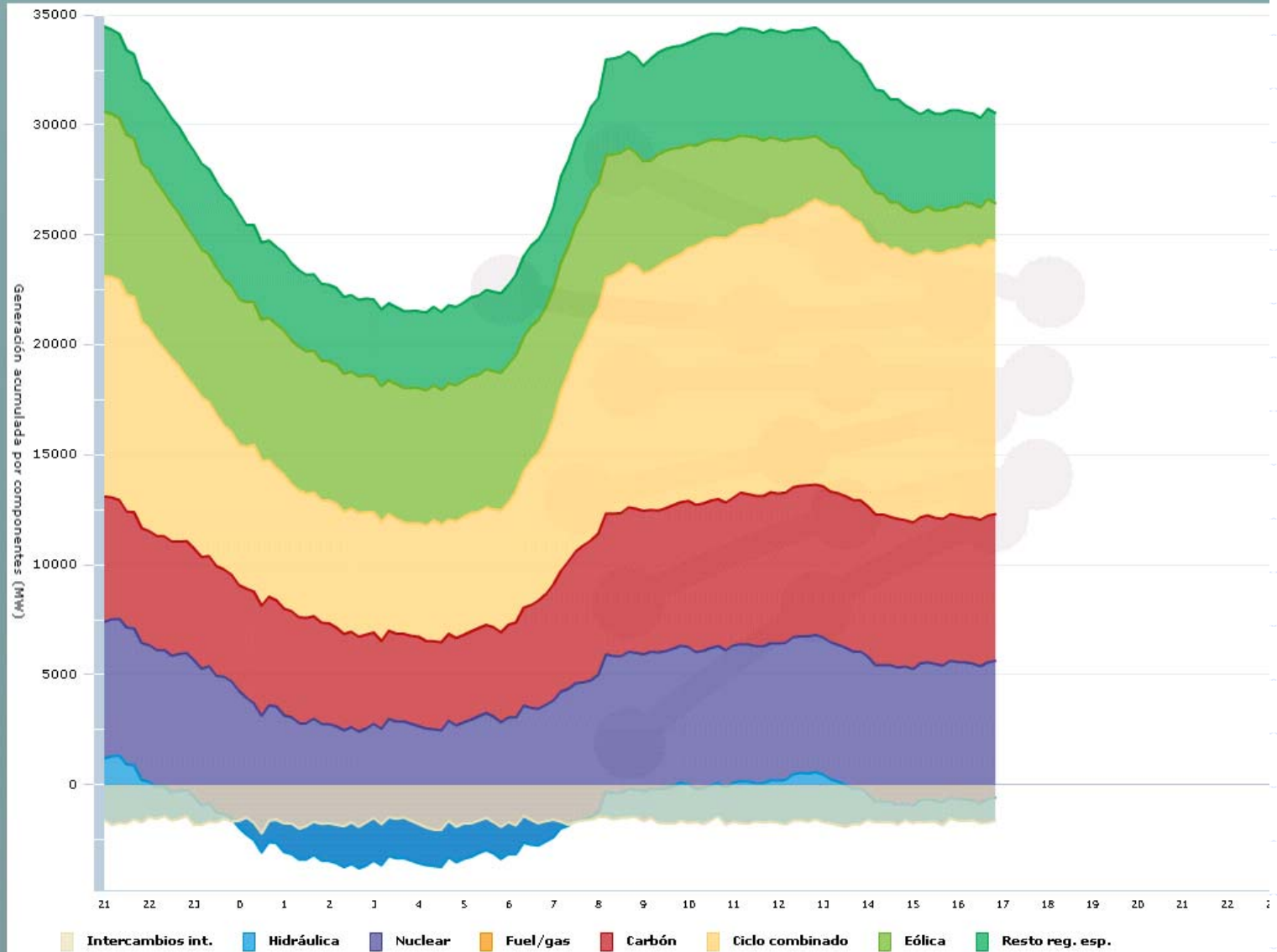
2008-10-23



[Consultar otra fecha](#)

[Ayuda](#)

Detalle de la estructura de generación en tiempo real

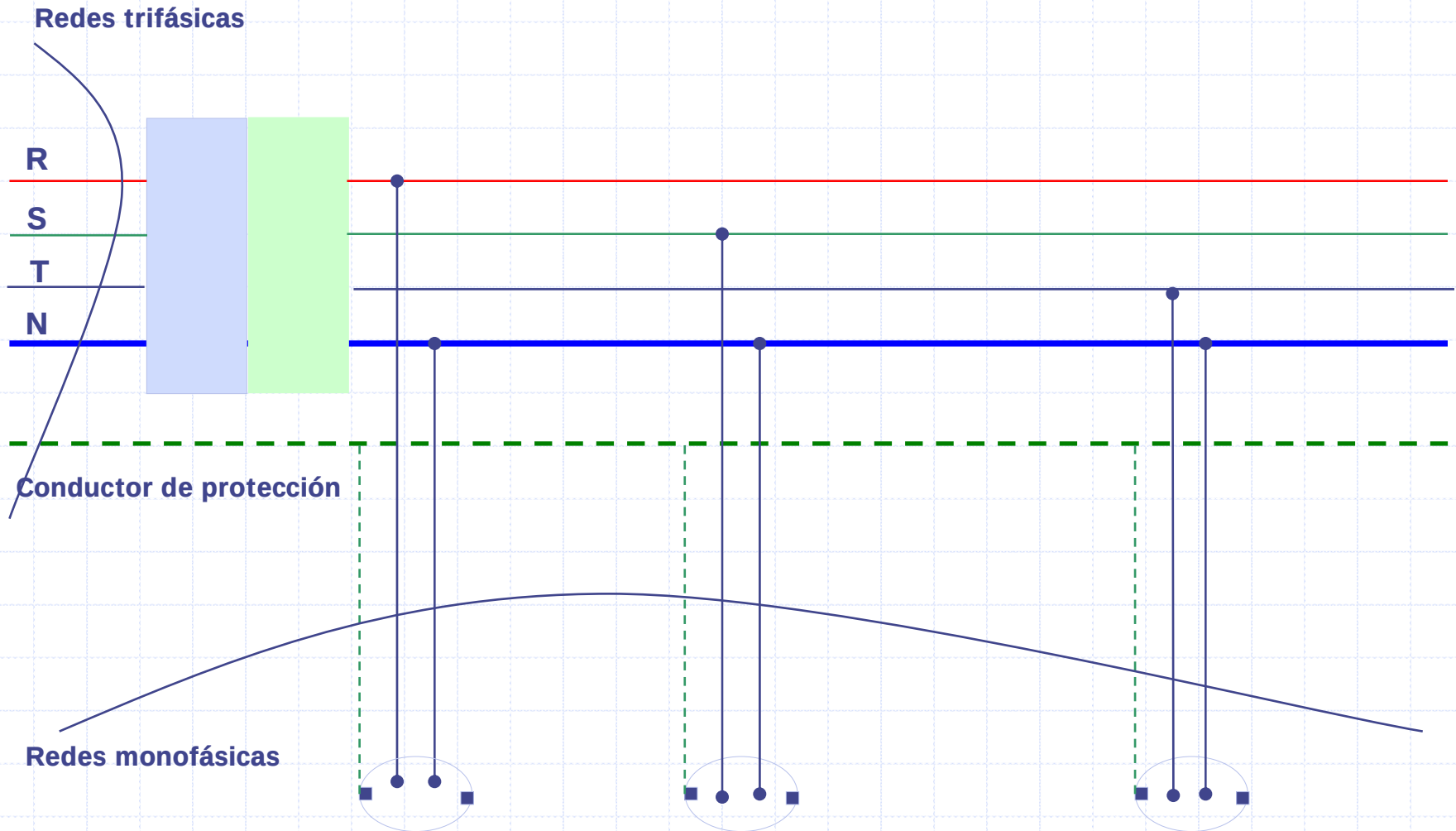


Fecha 2008-10-23

Consultar

Ayuda

REDES TRIFÁSICAS Y REDES MONOFÁSICAS



A MODO DE INTRODUCCION AL RIESGO ELECTRICO

Riesgo: aquellas situaciones de trabajo que pueden romper el equilibrio entre los estados físicos, mental social de las personas.

RIESGO ELÉCTRICO: RIESGO ORIGINADO POR LA ENERGÍA ELÉCTRICA

(no sólo es sufrir una descarga sino cualquier efecto consecuencia de una actuación errónea)

Instalación eléctrica: conjunto de materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante el que se genera, convierte, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica, incluyendo baterías, condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica.

Procedimiento de trabajo: secuencia de operaciones que hay que desarrollar para realizar un determinado trabajo, con inclusión de los medios materiales (de trabajo o equipos de protección individual o colectiva) y humanos (con indicación de su cualificación, formación personal y asignación de tareas) necesarios para llevarlo a cabo.

BAJA TENSION

Tensiones	Corriente Alterna	Corriente Continua
Muy baja tensión	$U_n < 50 \text{ V}$	$U_n < 75$
Tensión usual	$50 < U_n < 500$	$75 < U_n < 750$
Tensión especial	$500 < U_n < 1000$	$750 < U_n < 1500$

En redes de distribución de corriente alterna se usa:

- ✓ 230 V entre fases para redes de tres conductores
- ✓ 230 V entre fase y neutro y 400 V entre fases para redes de 4 conductores

ALTA TENSION: aquella que supera los 1000 V.

CONTACTOS DIRECTOS

Contactos de personas con partes activas de materiales y equipos.

Se llama parte activa al conjunto de conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal.

Los contactos directos pueden establecerse de tres formas:

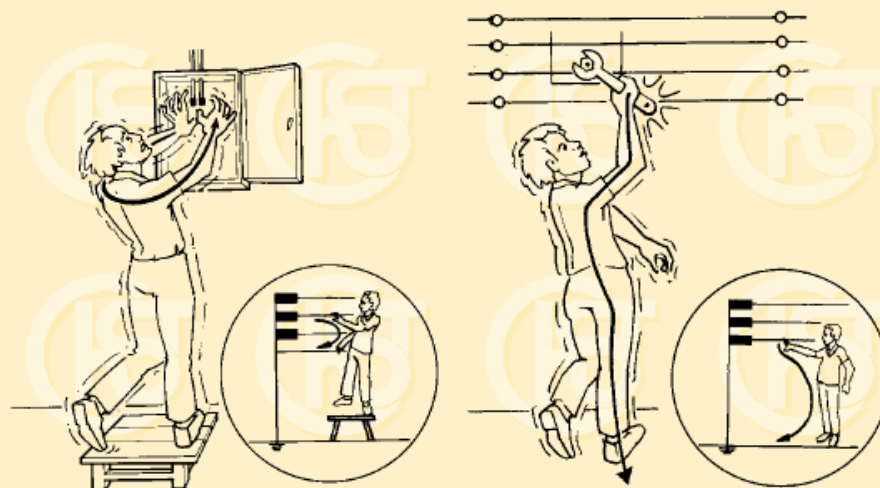
- Contacto directo con dos conductores activos de una línea.
- Contacto directo con un conductor activo de línea y masa o tierra.
- Descarga por inducción.

Las descargas por inducción son aquellos accidentes en los que se produce un choque eléctrico sin que la persona haya tocado físicamente parte metálica o en tensión de una instalación.

Contacto eléctrico directo:

"contacto de personas con partes activas de los materiales y equipos".

FORMAS DE CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO



CONTACTO CON DOS
CONDUCTORES

CONTACTO CON UN
CONDUCTOR ACTIVO Y
TIERRA

CONTACTOS INDIRECTOS

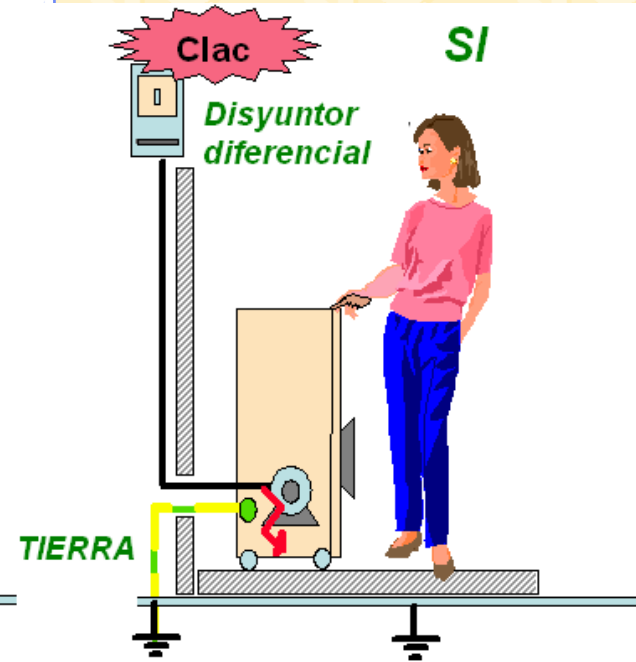
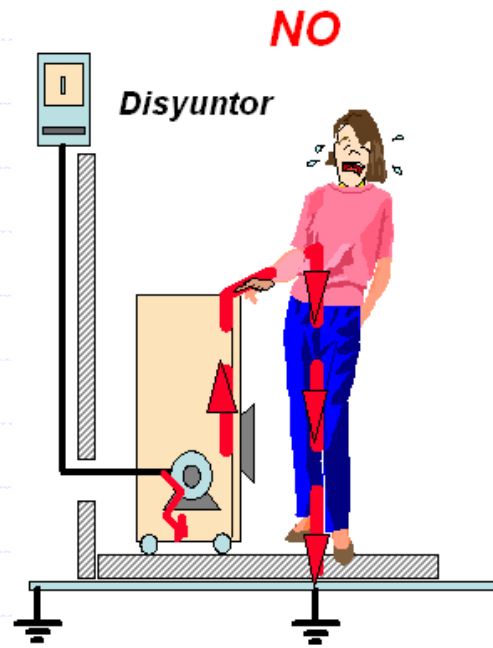
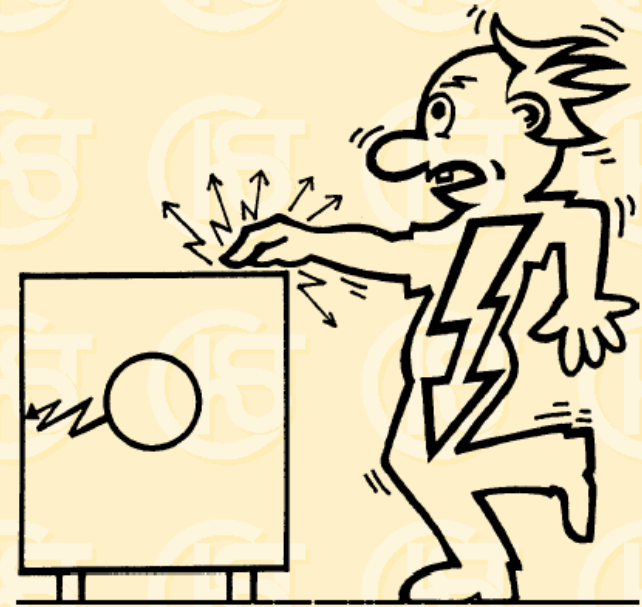
Se producen por efecto de un fallo en un aparato receptor o accesorio, desviándose la corriente eléctrica a través de las partes metálicas de éstos. Pudiendo por esta causa entrar las personas en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que en condiciones normales no deberían tener tensión como:

- Corrientes de derivación.
- Situación dentro de un campo magnético.
- Arco eléctrico.

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Contacto eléctrico indirecto :

"contacto de personas con masas puestas accidentalmente en tensión".



LAS CINCO REGLAS DE ORO

5 REGLAS DE ORO

- 1º. Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión
- 2º. Prevenir cualquier posible realimentación: enclavar-bloquear.
- 3º. Verificar la ausencia de tensión.
- 4º. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas aquellas posibles fuentes de tensión.
- 5º. Delimitar y señalizar la zona de trabajo



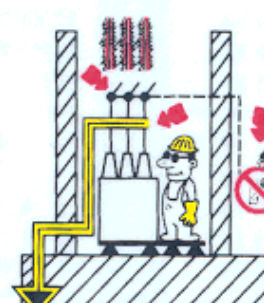
1. Desconectar.



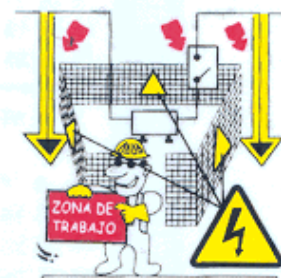
2. Prevenir cualquier posible realimentación.



3. Verificar la ausencia de tensión.



4. Poner a tierra y en cortocircuito.



5. Proteger frente a elementos en tensión y señalizar la zona.

SUPRESIÓN DE LA TENSIÓN

Desarrollo secuencial de las “5 reglas de oro”.

1ª Desconectar.

2ª Prevenir cualquier posible realimentación

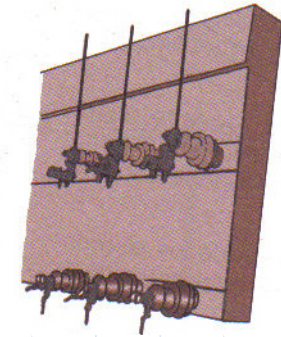
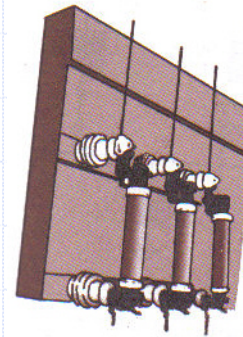
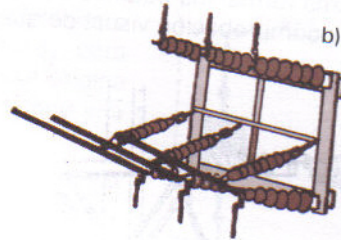
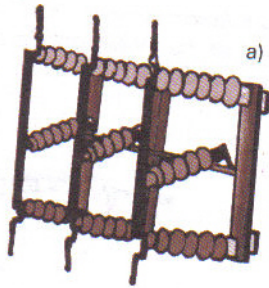
3ª Verificar la ausencia de tensión

4ª Poner a tierra y en cortocircuito.

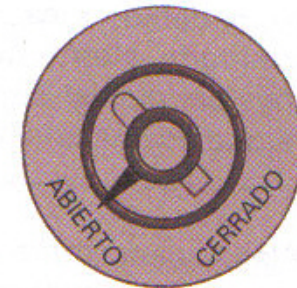
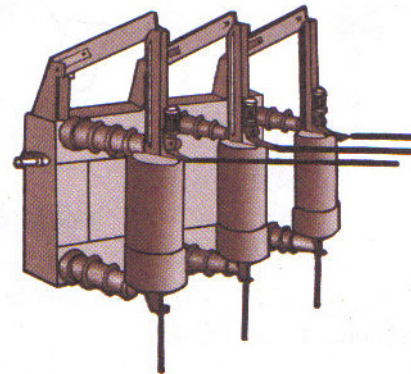
5ª Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y señalizar la zona de trabajo

DESCONECTAR (1ª regla de oro)

Implica “el abrir con corte visible todas las fuentes de tensión mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo”.



No se considera corte visible las maniobras realizadas en aparatos que no permiten la comprobación visual, como ocurre en los interruptores, incluso aquellos que disponen de dispositivo de referencia.



CONCEPTO DE CIERRE INTEMPESTIVO.

“cierre no deseado, por error o accidente, de cualquier elemento de corte”

(por ejemplo, el cierre de un seccionador por caída accidental de un objeto sobre sus cuchillas)

Como resumen de esta primera regla de oro, y para realizar la desconexión de una instalación eléctrica en condiciones de máxima seguridad, se deben tener en cuenta las características y limitaciones de cada tipo de aparato, como por ejemplo:

- **SECCIONADORES:** pueden abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o establecer (cuando no existan cargas conectadas al circuito).
- **INTERRUPTORES:** son capaces de establecer o cortar corriente en las condiciones normales de funcionamiento del circuito, incluidas las posibles sobrecargas.
- **DISYUNTORES:** son capaces de establecer o cortar en las condiciones normales así como en situaciones anormales como pueden ser cortocircuitos.

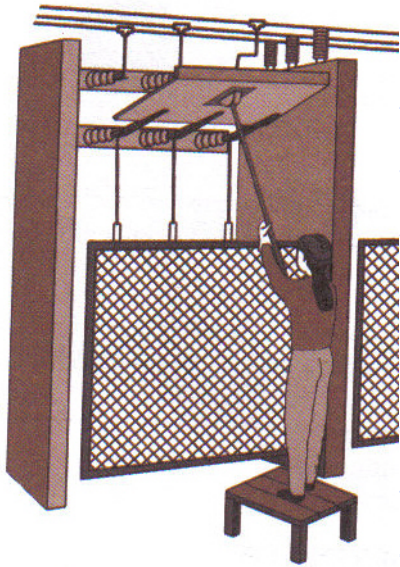
PREVENIR CUALQUIER POSIBLE REALIMENTACIÓN (2ª regla de oro)

Implica “impedir cualquier forma de reconexión, preferentemente por bloqueo del mecanismo de maniobra y señalización adecuada”.

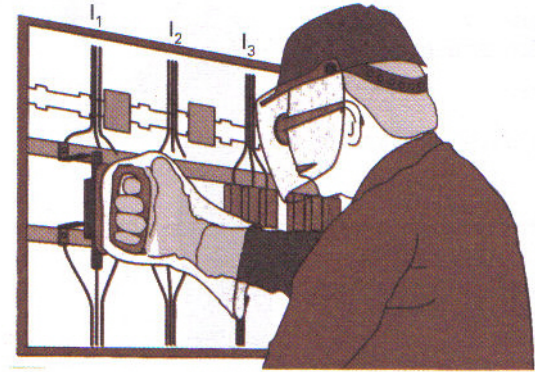
Otro enunciado: “enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte y señalización en el mando de éstos”.

“Enclavamiento o bloqueo de un aparato es el conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato manteniéndolo en una posición determinada.

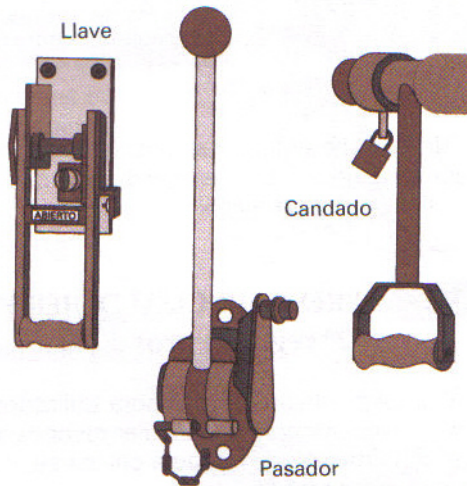
(se impide así, su accionamiento por fallo técnico, error humano o por causas imprevistas)



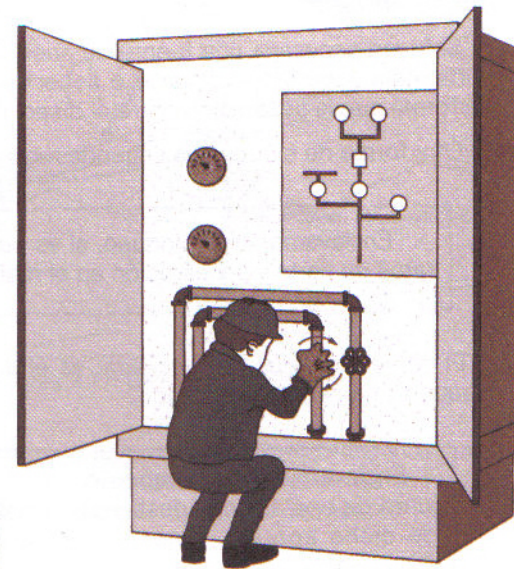
Bloqueo físico



Bloqueo eléctrico



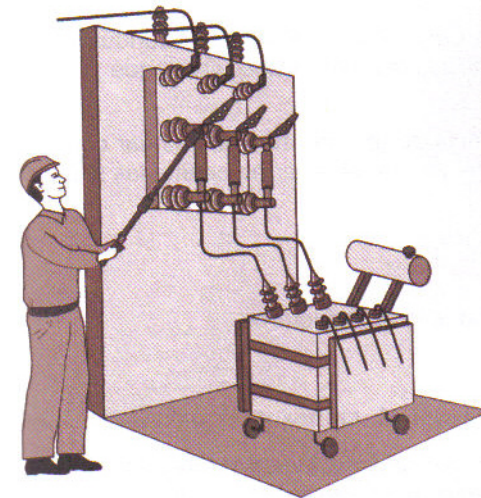
Bloqueo mecánico



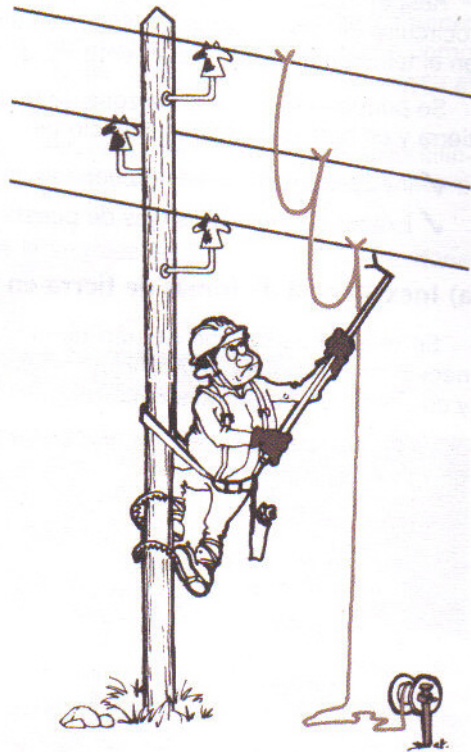
Bloqueo neumático

VERIFICAR LA AUSENCIA DE TENSION (3ª regla de oro)

Consiste en “realizar una serie de operaciones mediante aparatos adecuados para comprobar que no existe tensión en los conductores de una instalación eléctrica.



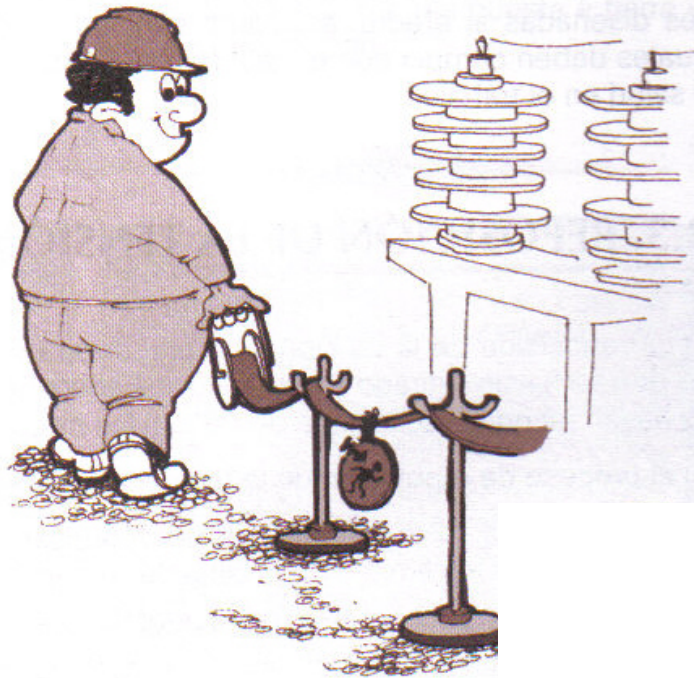
PUESTA A TIERRA Y EN CORTOCIRCUITO DE TODAS LAS POSIBLES FUENTES DE TENSIÓN (4ª regla de oro)



Asegura la protección de los trabajadores de la exposición de diferencias de potencial peligrosas originadas por averías, errores o situaciones que puedan inducir en las instalaciones eléctricas tensiones imprevistas.

Los equipos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse, en primer lugar, a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra y deben ser visibles desde la zona de trabajo. O, al menos, lo más cerca posible.

Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y señalizar la zona de trabajo (5ª regla de oro)



Efectos de la electricidad en función de la intensidad de la corriente

- Al suponer la resistencia del cuerpo constante la corriente aumenta al aumentar la tensión (Ley de Ohm). Si la resistencia del cuerpo se supone variable la corriente aumenta con la humedad del terreno.
- Valores de corriente entre 1 a 3 miliamper, no ofrece peligro de mantener el contacto permanentemente. Ninguna sensación o efecto, umbral de sensación.
- Valores de corriente de 8 miliamper, aparecen hormigueo desagradable, choque indoloro y un individuo puede soltar el conductor ya que no pierde control de sus músculos. Efecto de electrización.
- Valores mayores de 10 miliamper, el paso de corriente provoca contracción muscular en manos y brazos, efectos de choque doloroso pero sin pérdida del control muscular, pueden aparecer quemaduras. Efectos de tetanización. Entre 15 a 20 miliamper este efecto se agrava.
- Valores entre 25 a 30 miliamper la tetanización afecta los músculos del tórax provocando asfixia.
- Valores mayores de miliamperes con menor o mayor tiempo de contacto aparece la fibrilación cardiaca la cual es mortal. Son contracciones anárquicas del corazón.

Efectos de la electricidad en función de la resistencia del cuerpo

En días calurosos y húmedos la resistencia del cuerpo baja.

La resistencia que ofrece al paso de corriente varía según los órganos del cuerpo que atraviesa.

La resistencia del cuerpo varía con la tensión aplicada por el contacto.

- o 10000 ohm para 24 volt
- o 3000 ohm para 65 volt
- o 2000 ohm para 150 volt
- o A partir de este valor puede considerarse constante aproximadamente 1500 ohm para 220 volt.

PRINCIPALES PELIGROS DE LA ELECTRICIDAD

- No es perceptible por los sentidos.
- No tiene olor, solo es detectada cuando en un corto circuito se descompone el aire apareciendo Ozono.
- No es detectado por la vista.
- No se detecta al gusto ni al oído.
- Al tacto puede ser mortal si no se está debidamente aislado. El cuerpo humano actúa como circuito entre dos puntos de diferente potencial. No es la tensión la que provoca los efectos fisiológicos sino la corriente que atraviesa el cuerpo humano.

Los efectos que pueden producir los accidentes de origen eléctrico dependen:

- ✓ Intensidad de la corriente.
- ✓ Resistencia eléctrica del cuerpo humano.
- ✓ Tensión de la corriente.
- ✓ Frecuencia y forma del accidente.
- ✓ Tiempo de contacto.
- ✓ Trayectoria de la corriente en el cuerpo.

Todo accidente eléctrico tiene origen en un defecto de aislamiento y la persona se transforma en una vía de descarga a tierra.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Las separaciones mínimas, medidas entre cualquier punto con tensión y la parte más próxima del cuerpo del operario o de las herramientas no aisladas por él utilizadas en la situación más desfavorable que pudiera producirse, serán las siguientes:

Nivel de tension	Distancia minima
0 a 50 V	ninguna
más de 50 V. Hasta 1 KV.	0,80 m
más de 1 KV. hasta 33 KV.	0,80 m (1)
más de 33 KV. hasta 66 KV.	0,90 m
más de 66 KV. hasta 132 KV.	1,50 m (2)
más de 132 KV. hasta 150 KV.	1,65 m (2)
más de 150 KV. hasta 220 KV.	2,10 m (2)
más de 220 KV. hasta 330 KV.	2,90 m (2)
más de 330 KV. hasta 500 KV.	3,60 m (2)

1) Estas distancias pueden reducirse a 0,60 m, por colocación sobre los objetos con tensión de pantallas aislantes de adecuado nivel de aislación y cuando no existan rejillas metálicas conectadas a tierra que se interpongan entre el elemento con tensión y los operarios.

(2) Para trabajos a distancia, no se tendrá en cuenta para trabajos a potencial.

PREVENCIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS

- CONSIDERAR QUE TODOS LOS CIRCUITOS LLEVAN CORRIENTE HASTA QUE SE DEMUESTRE LO CONTRARIO
- EVITAR EL ACCESO DE PERSONAL NO AUTORIZADO A ZONAS DE TABLERO ELÉCTRICO
- USO DE EQUIPO PROTECTOR APROPIADO (GUANTES, PROTECTORES VISUALES Y ROPA ESPECÍFICA)
- NO TRABAJAR EN LÍNEAS CON TENSIÓN
- COLOCAR VALLAS Y SEÑALES EN ZONAS PELIGROSAS
- PROTEGERSE CONTRA EL CONTACTO CON EQUIPOS ENERGIZADOS
- ADECUADO TOMA A TIERRA DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE EQUIPOS ELÉCTRICOS
- NO DEJAR CONDUCTORES DESNUDOS EN LAS INSTALACIONES. EVITAR EMPALMES. DE EXISTIR AISLARLOS DEBIDAMENTE
- NO DEJAR EN CONTACTO CABLES CON ACEITES O GRASES QUE DETERIOREN SU AISLACIÓN
- MANTENER EN BUEN ESTADO INTERRUPTORES Y TOMAS
- MANTENER LAS INSTALACIONES SIEMPRE LIMPIAS Y CON SUS MEDIOS DE PROTECCIÓN
- NO UTILIZAR ESCALERAS METÁLICAS CERCA DE EQUIPOS ENERGIZADOS
- NUNCA TRABAJAR EN UN CIRCUITO ELÉCTRICO SIN AYUDANTE
- CAPACITACIÓN ESPECÍFICA

A MODO DE RESUMEN

- ☐ Los accidentes por contactos eléctricos son escasos pero pueden ser fatales.
- ☐ La mayor cantidad de accidentes generan lesiones importantes en las manos.
- ☐ La persona cumple la función de conductor a tierra en una descarga.
- ☐ La humedad disminuye la resistencia eléctrica del cuerpo y mejora la conductividad a tierra.
- ☐ Las personas deben estar capacitadas para prevenir accidentes de origen eléctrico.
- ☐ La tensión de comando debe ser de 24 volt o la instalación debe tener disyuntor diferencial.
- ☐ Se puede trabajar en equipos eléctricos con bajo riesgo si están colocadas debidamente las protecciones.

MARCO JURÍDICO

Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Utilización de Equipos de Trabajo. [RD 1215/1997](#)

Señalización de Seguridad. [RD 485/1997](#)

Equipos de Protección Individual. [RD 773/1997](#)

Atmósferas Explosivas. [RD 681/2003](#)

Protección frente al riesgo eléctrico.

[RD 614/2001](#)

[Guía Técnica](#)

Reglamentación Electrotécnica.

[REBT e ITCs](#)

MARCO JURÍDICO

Reglamentación Electrotécnica.

Real Decreto 442/2002_ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Decreto 3151/1968_ Reglamento de Líneas aéreas de alta tensión.

Real Decreto 3275/1982: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

Orden de 11 marzo de 1971. Normas para instalaciones de subestaciones y centros de transformación

MARCO JURÍDICO

Protección frente al riesgo eléctrico. [RD 614/2001](#) [Guía Técnica](#)

Objetivo: la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Para ello, regula las técnicas y procedimientos que permitan:

- dejar una instalación sin tensión, antes de efectuar un trabajo.
- reponer la tensión al acabar un trabajo.
- realizar maniobras, mediciones y ensayos.
- trabajar en cercanías de elementos en tensión.
- trabajar en zonas con riesgo de explosión por acumulación de cargas electrostáticas.
- etc...

- Trabajadores usuarios de equipos y/o instalaciones eléctricas
- Trabajadores cuya actividad, no eléctrica, se desarrolla en proximidad de instalaciones eléctricas con partes accesibles en tensión
- Trabajadores cuyos cometidos sean instalar, reparar o mantener instalaciones eléctricas : Autorizados, cualificados y jefes de trabajo

Instalación eléctrica: conjunto de materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante el que se genera, convierte, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica, incluyendo baterías, condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica.

APARAMENTA ELÉCTRICA

I.- GENERALIDADES

I.1.- DEFINICIÓN DE APARAMENTA ELÉCTRICA

Aparamenta eléctrica es el conjunto de aparatos de conexión y su combinación con aparatos de mando, de medida, de protección, de regulación y de control, asociados a ella, incluidos los accesorios, las conexiones, los soportes, las envolventes, utilizados en instalaciones eléctricas, cualquiera que sea su tensión.

I.2.- CLASIFICACIÓN DE LA APARAMENTA ELÉCTRICA

<u>Por su función</u>	<u>Por su tensión</u>	
De maniobra	Baja Tensión:	$\leq 1.000 \text{ V c.a.} \leq 1.500 \text{ V c.c.}$
De protección	Media Tensión (MT):	de 3 a 36 kV
De medida	Alta Tensión (AT):	de 45 a 220 kV
De regulación	Muy Alta Tensión (MAT):	$> 220 \text{ kV}$
De control		
<u>Por su emplazamiento</u>	<u>Por su tipo de protección</u>	<u>Por su utilización</u>
Montaje interior	No protegidos o abiertos	Instalaciones industriales
Montaje exterior	Protegidos con envolvente	Redes eléctricas
		Instalaciones domésticas

I.3.- CONCEPTOS GENERALES

Maniobra:

Paso de los contactos móviles de una posición a otra adyacente. Una maniobra podrá ser de cierre o de apertura.

Ciclo de maniobra:

Sucesión de maniobras de una a otra posición con regreso a la posición inicial.

Secuencia de maniobra:

Sucesión de maniobras especificadas, efectuadas con intervalos de tiempo especificados.

Circuito principal:

Conjunto de piezas conductoras de un aparato de maniobra introducidas en el circuito, que tiene por función su cierre o u apertura.

Circuito de mando:

Conjunto de piezas conductoras de un aparato de maniobra introducidas en el circuito, utilizado para ordenar la maniobra de cierre o apertura, o ambas.

II.- MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS

II.1.- CARACTERÍSTICAS NOMINALES

Las características nominales o asignadas a la aparamenta son:

- ☐ *Tensión nominal*
- ☐ *Nivel de aislamiento*
- ☐ *Corriente nominal*

A las que podemos añadir:

- ☐ *Poder de corte*
- ☐ *Poder de cierre*
- ☐ *Corriente de corta duración admisible*
- ☐ *Secuencia de maniobra*
- ☐ *Intensidad límite térmica*
- ☐ *Intensidad límite dinámica*

II.1.- CARACTERÍSTICAS NOMINALES

II.1.1.- Tensión nominal o asignada:

Tensión más elevada para el material, asignada por el fabricante y a la cual se refieren las condiciones de funcionamiento normal. Este valor debe constar en su placa de características.

II.1.2.- Nivel de aislamiento:

Viene definido por los valores de:

- *Tensión de ensayo a la frecuencia industrial.*
- *Tensión de ensayo a la onda del rayo.*

Eventualmente por:

- *Tensión de ensayo a las sobretensiones de maniobra.*

II.1.3.- Corriente nominal o asignada:

Corriente que asigna el constructor al aparato que en condiciones normales de empleo puede mantenerse indefinidamente, o por un tiempo determinado, en los circuitos principales del mismo, sin que ninguna de sus partes alcance un calentamiento superior a los valores prefijados por las Normas y sin que se modifiquen sus cualidades operativas.

III.- PROBLEMAS DE LA APARAMENTA

III.1.- PROBLEMAS FUNDAMENTALES

- ☐ *Calentamiento*
- ☐ *Aislamiento*
- ☐ *Esfuerzos mecánicos*

III.1.1.- Calentamiento:

Comporta el estudio de los fenómenos que dan lugar en la aparamenta a la producción de calor; efecto Joule, imantación alternativa, corrientes de Foucault, pérdidas dieléctricas, etc., así como de los medios de evacuación del mismo.

III.1.2.- Aislamiento:

Comprende el estudio del campo eléctrico, la influencia del medio ambiente y la alteración con el tiempo de las propiedades dieléctricas de los aislantes, así como el conocimiento y la aplicación de nuevos aislantes gaseosos, líquidos y sólidos.

El progreso de las máquinas y aparatos eléctricos está íntimamente ligado al desarrollo de nuevos materiales aislantes.

III.1.- PROBLEMAS FUNDAMENTALES

III.1.3.- Esfuerzos mecánicos:

El problema de los esfuerzos mecánicos tiene su origen, por una parte, en las fuerzas electrodinámicas que se manifiestan entre conductores próximos cuando son recorridos por corrientes eléctricas y por otra en las dilataciones que los mismos experimentan al calentarse.

III.2.- OTROS PROBLEMAS

III.2.1.- El problema de los contactos:

Está dominado por el hecho de que dos conductores puestos en contacto, solo ofrecen algunos puntos de pequeña superficie realmente apoyados uno contra el otro y a través de las cuales debe pasar la totalidad de la corriente. La dureza superficial y las películas aislantes, interpuestas implican nuevas dificultades e incrementan considerablemente la resistencia del contacto.

III.2.2.- El problema de la ruptura:

Viene impuesto por la inexorable necesidad de pasar por la formación de un arco eléctrico, fenómeno cuyo estudio constituye una de las partes de la electrotecnia más complejas.

V.- APARAMENTA DE MANIOBRA

V.1.- FUNCIÓN DE LA APARAMENTA DE MANIOBRA

La aparamenta de maniobra tiene por misión establecer o interrumpir la corriente en uno o varios circuitos bajo condiciones previstas de servicio, sin daños significativos para el aparato y sin perturbar la explotación.

V.2.- TIPOS DE APARATOS

Se distinguen por la peculiaridad de su función, tres tipos fundamentales de aparatos:

- ☐ *Seccionadores*
- ☐ *Interruptores*
- ☐ *Contactores*

V.2.1.- Seccionador:

Aparato mecánico de conexión que por razones de seguridad, en posición de abierto asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas.

V.2.- TIPOS DE APARATOS

Un seccionador es capaz de abrir o cerrar un circuito cuando la corriente a interrumpir o a establecer es despreciable o cuando no se produce ningún cambio notable de tensión en los bornes de cada uno de los polos del seccionador.

Debe ser capaz de soportar las corrientes que se presenten en condiciones normales del circuito y capaz de soportar durante un tiempo especificado, las corrientes que se presentan en condiciones anormales, como las de cortocircuito.

V.2.2.- Interrupitor:

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en las condiciones normales del circuito y circunstancialmente las condiciones específicas de sobrecarga en servicio, así como soportar, durante un tiempo determinado, intensidades tales como las de cortocircuito.

Es un aparato sin distancia de seccionamiento y en consecuencia aparecerá asociado a un seccionador.

V.2.- TIPOS DE APARATOS

V.2.3.- Interruptor seccionador:

Interruptor que en posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador. También es llamado *seccionador en carga*.

V.2.4.- Contactador:

Aparato mecánico de conexión, con una sola posición de reposo, que puede ser la de abierto o la de cerrado, accionado por cualquier forma de energía, menos la manual, y capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de circuito, incluidas las condiciones de sobrecarga en servicio. Ciertos contactores pueden ser capaces de establecer o interrumpir corrientes de cortocircuito.

Los contactores son aparatos capaces de efectuar elevados ciclos de maniobras eléctricas de cierre y apertura por hora.

VI.- APARAMENTA DE PROTECCIÓN

VI.1.- FUNCIÓN DE LA APARAMENTA DE PROTECCIÓN

La aparamenta de protección tiene por misión evitar o reducir, en la medida de lo posible, los efectos perjudiciales de las averías.

VI.2.- TIPOS DE APARATOS

VI.2.1.- Interruptor automático:

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en las condiciones normales del circuito y de interrumpir o establecer corrientes anormales como las de cortocircuito.

VI.2.2.- Auto seccionador:

Aparato que abre un circuito de forma automática, cuando dicho circuito está sin tensión, dejando fuera de servicio automáticamente una parte de la red cuando detecta un número discreto de veces una sobreintensidad en la misma. Siempre será utilizado en coordinación con interruptores automáticos con reenganche.

VI.2.- TIPOS DE APARATOS

VI.2.3.- Fusible:

Elemento que actúa por fusión dejando abierto al menos una fase del circuito. Un percutor señala su fusión o actúa sobre otros dispositivos y para provocar la apertura de un interruptor.

Presenta una envoltura aislante y refractaria cerrada en sus extremos por dos cazoletas o tapaderas metálicas. En el interior se aloja el elemento fusible, compuesto por hilos de aleación especial de plata, arrollado sobre un soporte de material aislante y refractario. Entre el hilo y la envoltura se encuentra una materia inerte (arena de cuarzo) que contribuye a la extinción del arco en el momento de la fusión.

VI.2.4.- Seccionador-fusible:

Aparato mecánico en el que el contacto móvil está formado por un elemento recambiable. Su maniobra es manual mediante pértiga.

VI.2.5.- Ruptofusible:

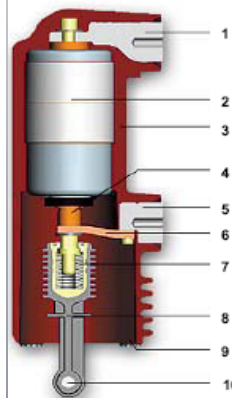
Aparato mecánico en el que el contacto móvil está formado por un elemento recambiable. Su maniobra es manual mediante pértiga.

PRINCIPALES TÉCNICAS DE RUPTURA

Interruptores de exafluoruro de azufre (SF6)



Interrupor de vacío



■ Polo encapsulado (estructura de principio)

- 1 Terminal superior
- 2 Ampolla en vacío
- 3 Envoltura de resina epoxi
- 4 Cubo del contacto móvil
- 5 Terminal inferior
- 6 Conexión flexible
- 7 Horquilla de muelle de la biela
- 8 Biela
- 9 Fijación del polo
- 10 Conexión al mando

VII.- APARAMENTA DE BAJA TENSION

VII.1.- APARAMENTA MODULAR SOBRE CARRIL DIN

Esta aparamenta está específicamente diseñada de forma que pueda ser instalada sobre un carril normalizado y cada módulo tiene un ancho de 18 mm. Dependiendo del tipo aparato, así será el número de módulos que ocupa.

VII.1.1.- Tipo de aparamenta:

PROTECCIÓN	MANDO Y CONTROL	MEDIDA
Interruptores automáticos magnetotérmicos	Contactores	Amperímetros
Interruptores automáticos diferenciales	Interruptores horarios	Voltímetros
Protecciones contra sobretensiones	Interruptores seccionadores	Vatímetros
Portafusibles seccionables	Minuterios de escalera	Varímetro
Interruptores portafusibles	Interruptores crepusculares	Frecuencímetros
Guardamotores	Conmutadores	Tacómetros
	Pulsadores	Contadores horarios
	Teleruptores	Termómetros
	Temporizadores	Contadores electrónicos
		Control de aislamiento

VII.1.- APARAMENTA MODULAR SOBRE CARRIL DIN

VII.1.2.- Criterios fundamentales

Los interruptores automáticos son dispositivos de importancia fundamental para la seguridad de la instalación, mediante la protección de contra sobrecargas y cortocircuitos.

Estos aparatos, a pesar de su pequeño tamaño, deben ser fiables ya que tienen la gran responsabilidad de la seguridad de la instalación, para todo aumento de corriente que resulte peligrosa para los circuitos que protegen.

Para la elección de estos aparatos hay que tener en cuenta una serie de criterios fundamentales:

- ☐ *El valor nominal de la corriente*
- ☐ *La curva característica de disparo*

VII.1.- APARAMENTA MODULAR SOBRE CARRIL DIN

Interruptores magnetotérmicos



Interruptores diferenciales



Protección de instalaciones



Medida



Mando, telemando y señalización



Programación y regulación



VII.2.- INTERRUPTORES DE POTENCIA DE B.T.

VII.2.1.- Interruptores automáticos en caja moldeada de B.T.

La rápida y continua evolución tecnológica ha llevado a un constante aumento de la complejidad de las instalaciones eléctricas. Hoy las mismas aplicaciones requieren continuidad de servicio, fiabilidad y un número de intervenciones de mantenimiento lo menor posible.

Para que las instalaciones satisfagan estas condiciones los aparatos de protección y, en especial, los interruptores automáticos y diferenciales, adquieren un papel fundamental.

<u>Aplicaciones:</u>	
Usos:	Versiones:
✓ <i>Pequeñas y medianas instalaciones</i>	✓ <i>Fijo</i>
✓ <i>Medianas instalaciones</i>	✓ <i>Enchufable</i>
✓ <i>Grandes instalaciones</i>	✓ <i>Extraible</i>
Corriente continua	Protección contra defectos a tierra
Maniobra y protección del lado de BT de transformadores trifásicos	
Maniobra y protección de motores trifásicos en c.a.	
Maniobra y protección de condensadores trifásicos en c.a.	
Maniobra y protección de generadores trifásicos en c.a.	

VII.2.- INTERRUPTORES DE POTENCIA DE B.T.

VII.2.2.- Interruptores automáticos caja moldeada B.T. limitadores

Son particularmente apropiados para instalaciones donde, debido a las altas protecciones de los transformadores y generadores, se pueden presentar corrientes de cortocircuito de gran intensidad.

Pueden usarse también donde exista protección en serie y donde la continuidad de servicio no sea primordial. En este caso es posible utilizar interruptores en el lado de la carga con poder de corte menor.

VII.2.3.- Interruptores automáticos sobre bastidor

<u>Aplicaciones:</u>	Protección de generadores
Protección de líneas	Maniobra y protección de motores asíncronos
Protección de transformadores	Protección de condensadores

VII.2.4.- Interruptores-seccionadores. Interruptores en carga

<u>Aplicaciones:</u>	Interruptores generales
Interruptores-seccionadores	Interruptores especiales
Interruptores para circuitos de motores	Acopladores para barras

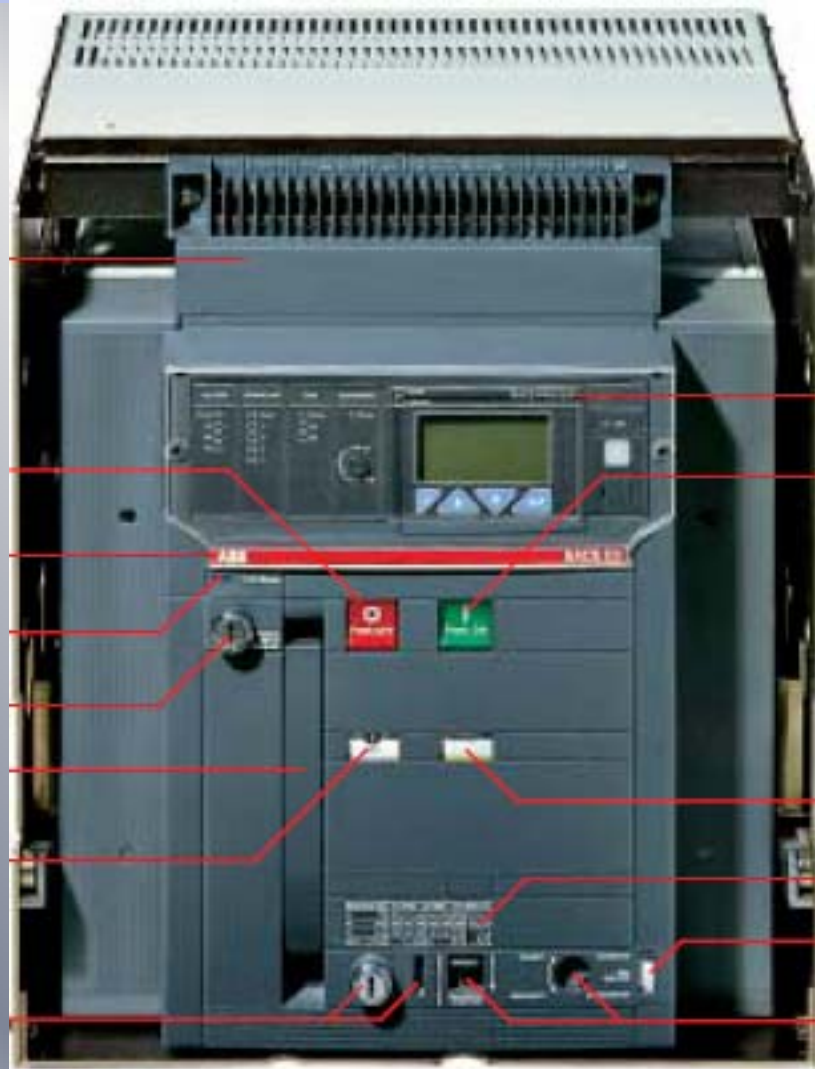
VII.2.- INTERRUPTORES DE POTENCIA DE B.T.

Interruptores automáticos en caja moldeada de B.T.



VII.2.- INTERRUPTORES DE POTENCIA DE B.T.

Interruptores automáticos sobre bastidor



VII.2.- INTERRUPTORES DE POTENCIA DE B.T.

Interruptores de B.T.



VII.3.- FUSIBLES

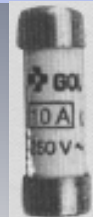
Baja potencia

Clase F



Fusibles domésticos

Clase gG



AD



Fusibles industriales

Clase gl-gG



Clase aM



Fusibles industriales alto poder de ruptura NH

Clase gl-gL-gG



Clase aM



Clase gB



VII.4.- CONTACTORES

VII.4.1.- Generalidades

El contactor es un aparato mecánico de conexión accionado por un electroimán que funciona en todo o nada.

Cuando se alimenta la bobina del electroimán, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red de alimentación y el receptor. En el momento en que la bobina deja de ser alimentada, el contactor se abre.

VII.4.2.- Constitución de un contactor

Electroimán

Es el elemento motor del contactor. Se compone de un circuito magnético y de una bobina. Un pequeño entrehierro previsto en el circuito magnético en posición de *cierre* evita todo riesgo de remanencia (*). Este se realiza bien por falta de metal o bien por inserción de un material amagnético.

(*) Remanencia.- Se dice que un contactor es remanente, cuando se queda cerrado cuando no existe tensión en los bornes de su bobina.

VII.4.- CONTACTORES

Circuito magnético tipo corriente alterna

Características

- Chapa de acero al silicio ensambladas con remaches.
- Formado por chapas para reducir las corrientes de Foucault que nacen en la masa metálica sometida a un flujo alterno.
- Rectificación exactas de las partes fijas y móviles, asegurando un funcionamiento silencioso.
- Espiras de desfase o espiras de Frager que crean en una parte del circuito un flujo retrasado respecto al flujo principal. Así se evita la anulación periódica del flujo total y por tanto de la fuerza de atracción, lo que provocaría vibraciones ruidosas.

Utilización en corriente continua

El circuito magnético de chapas se puede utilizar en corriente continua. En este caso la bobina empleada difiere de la bobina normalmente prevista para una tensión alterna del mismo valor.

Además, se debe insertar una resistencia de reducción de consumo en el circuito de la bobina después del cierre del contactor.

VII.4.- CONTACTORES

Circuito magnético tipo corriente continua

En el circuito magnético de un electroimán alimentado en c.c. no hay formación de corrientes de Foucault. En determinados casos es preferible, en vez de utilizar un circuito magnético tipo c.a. con adaptaciones imprescindibles, elegir un circuito magnético tipo c.c.

El circuito magnético es de acero macizo de construcción robusta.

VII.4.3.- Elección de un contactor

La elección de un contactor es función de:

- La naturaleza y la tensión de la red.
- La potencia instalada.
- Las características de la carga.
- Las exigencias del servicio deseado.
- A veces por normalización impuesta por ciertos organismos o por algunos usuarios.

VII.4.- CONTACTORES

Contadores tripolares



VIII.- APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

VIII.1.- APARAMENTA DE MANIOBRA

Tiene por misión establecer o interrumpir la corriente en uno varios circuitos bajo las condiciones previstas de servicio, sin daños significativos para el aparato y sin perturbar la explotación.

Los aparatos de maniobra están destinados a conectar o desconectar porciones de la red, con el objeto de aislar o alterar la configuración eléctrica de partes de la misma.

VIII.1.1.- Seccionador:

➤ Seccionador de línea

Suelen estar situados tanto en interior como en intemperie.

Su localización habitual es:

- ❖ Fijos instalados en posiciones intermedias de líneas aéreas.
- ❖ Fijos instalados en algunas derivaciones de la red de distribución.
- ❖ Instalados en celdas de obra civil con alimentación aérea.
- ❖ Instalados en celdas metálicas.

VIII.1.- APARAMENTA DE MANIOBRA

El mando puede ser manual o telemandado.

Están constituidos por una o tres cuchillas o polos principales, accionados por un mecanismo o mando. Las cuchillas están montadas sobre unos aisladores-soporte, unidos a un chasis o soporte del conjunto. La misión de los aisladores-soporte es la de dotar al seccionador del necesario aislamiento con respecto a tierra en función de la tensión de servicio.

Se pueden destacar los siguientes tipos:

- ☐ De cuchillas giratorias, de apertura lateral.
- ☐ De cuchillas giratorias, de apertura central.
- ☐ De cuchillas giratorias, de tres columnas
- ☐ De cuchillas deslizantes.

Seccionador de puesta a tierra

Sirven para poner a tierra y en cortocircuito medios de servicio y partes de la instalación que estén aislados. En muchos casos los seccionadores de puesta a tierra se combinan con los de línea para formar una unidad.

VIII.1.- APARAMENTA DE MANIOBRA

VIII.1.2.- Interruptor:

Es capaz de establecer o interrumpir la corriente en condiciones normales del circuito, así como soportar, durante un tiempo especificado, las corrientes que se presentan en condiciones anómalas como las de cortocircuito.

Es un aparato sin distancia de seccionamiento y en consecuencia aparecerá asociado a un seccionador.

VIII.1.3.- Interruptor-seccionador:

Interruptor que en posición de apertura satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador. También es llamado *seccionador en carga*.

Pueden instalarse tanto en interior como en intemperie.

Su localización habitual es:

- ❖ Instalados en centros de transformación y maniobra (CTM).
De cuchillas giratorias, de apertura central.
- ❖ Fijos instalados en posiciones intermedias de líneas aéreas.

VIII.1.- APARAMENTA DE MANIOBRA

El mando puede ser manual o telemandado.

Entre los distintos tipos de interruptores-seccionadores se pueden destacar los siguientes:

- ☐ **Giratorio**
- ☐ **Basculante**
- ☐ **Deslizante**

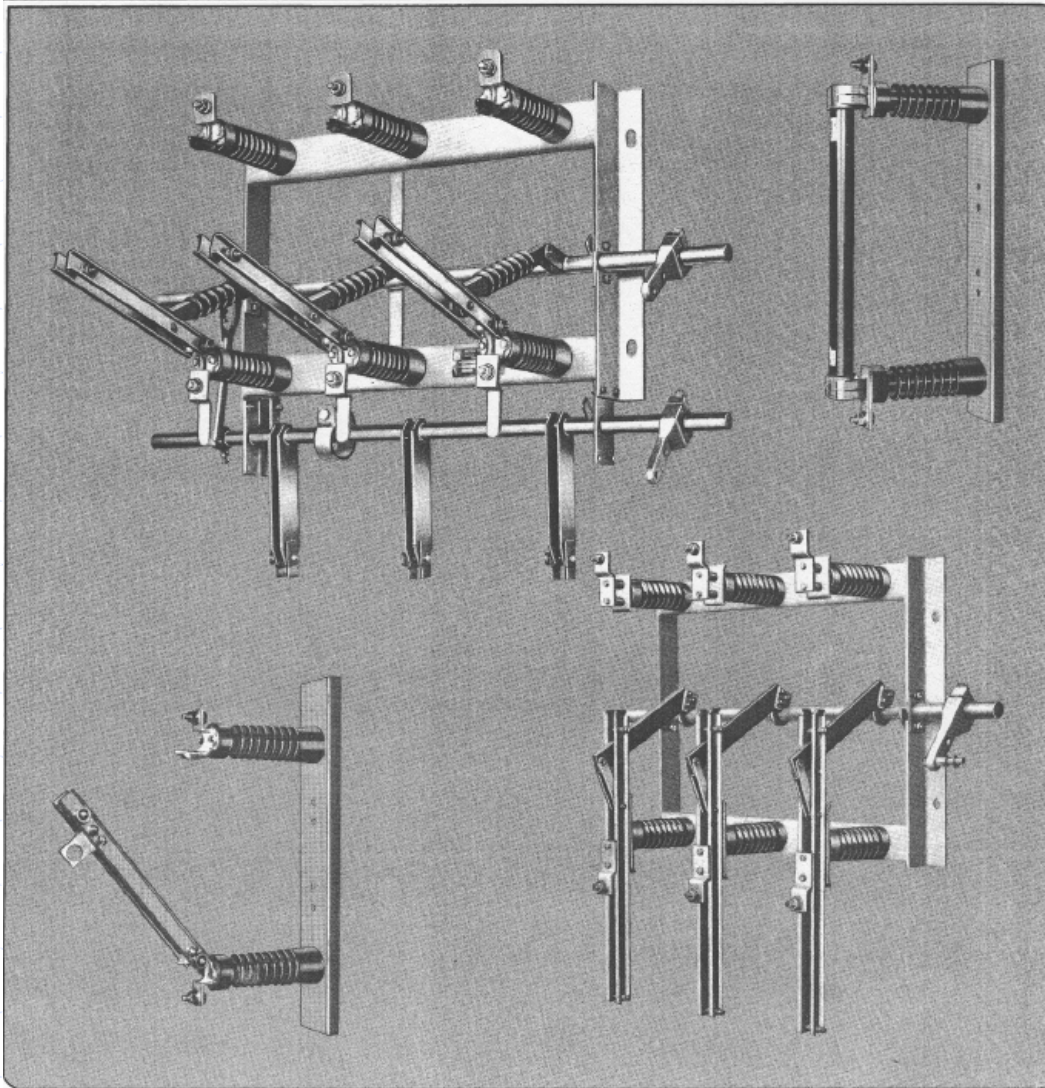
VIII.1.4.- Conmutador:

Aparato mecánico de conexión que tiene la capacidad de conmutar o cambiar el paso de corriente de un circuito a otro.

El mando puede ser manual o telemandado.

VIII.1.- APARAMENTA DE MANIOBRA

Seccionadores interior



Seccionador con fusibles interior



VIII.2.- APARAMENTA DE PROTECCIÓN

Interruptores automáticos



Fusibles AT



IX.- ACCESORIOS DE LA APARAMENTA

IX.1.- CUADROS ELÉCTRICOS

Los cuadros eléctricos constituyen puntos nodales en una red y pueden albergar en ellos todo tipo de aparamenta de maniobra, de protección, de regulación y control, de medida y los accesorios relacionados con ella.

Según el grado de protección les podemos clasificar en:

- Abiertos.
- Compartimentados.
- Blindados.

El tipo de aparamenta que contienen puede ser:

- ☐ Fija
- ☐ Extraible
- ☐ Seccionable

IX.1.- CUADROS ELÉCTRICOS

Cabinas MT interior



IX.1.- CUADROS ELÉCTRICOS

Cuadros BT



IX.2.- CABLES Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS PREFABRICADAS

IX.2.1.- Cables:

Los cables son conductores constituidos por un grupo de hilos o por combinación de grupos de hilos. Pueden ser desnudos o aislados.

Pueden ser monoconductores formados solamente un conductor o policonductores si incluyen dos o más conductores aislados entre si.

El material empleado como conductor es el cobre o el aluminio.

Aislantes empleados en los cables

- Papel impregnado en sustancias aislantes líquidas (resinas, aceites minerales, ..)
- Papel sumergido en aceites minerales o rodeado de algún gas seco a presión
- Aislantes secos:

➤ Materiales plásticos:

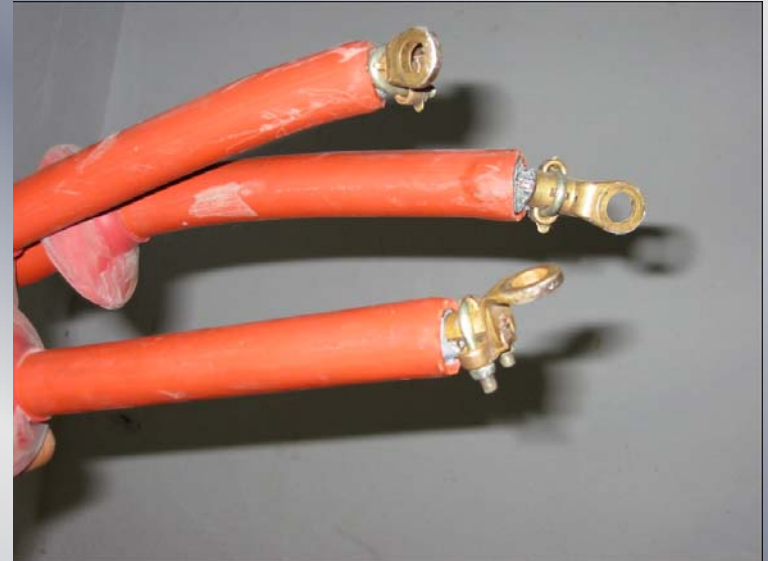
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polietileno (E)
- Polietileno reticulado (R)
- Etileno propileno (L)

➤ Elastómeros (derivados caucho):

- Caucho natural vulcanizado (G)
- Caucho butílico (B)
- Caucho de silicona (K)

IX.2.- CABLES Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS PREFABRICADAS

Cables



IX.2.- CABLES Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS PREFABRICADAS

IX.2.2.- Canalizaciones eléctricas prefabricadas:

Las canalizaciones eléctricas prefabricadas son conjuntos prefabricados, que constituyen líneas eléctricas para el transporte y la distribución de energía eléctrica en baja tensión, tanto en instalaciones de fuerza, como en iluminación industrial.

Básicamente, está constituida por los siguientes elementos:

- **Pletinas o barras conductoras**
(generalmente de cobre o de aluminio)
- **Envoltente metálica**
(para la protección de las pletinas conductoras)
- **Aisladores para soportar el conjunto.**

Por lo general, las canalizaciones eléctricas prefabricadas se construyen en elementos de longitudes estándar, y mediante la unión adecuada de varios de estos elementos, se pueden construir canalizaciones eléctricas de la longitud y sección más apropiadas para cada aplicación particular.

IX.2.- CABLES Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS PREFABRICADAS

Canalizaciones eléctricas prefabricadas

