

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

CAPÍTULO 1 CONCEPTOS GENERALES

1. SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

Conjunto de instalaciones y equipos para producir, transportar y distribuir energía eléctrica a los usuarios de una zona, ciudad, región o país.

"La función del sistema eléctrico de potencia es abastecer a todos los usuarios con energía eléctrica tan económicamente como sea posible, en la cantidad deseada y con un nivel aceptable de calidad, seguridad y confiabilidad"

FUNCIÓN O ELEMENTO	NORMA AMERICANA (ANSI)	NORMAS EUROPEAS (IEC)
Transformador de potencia o potencial, dos devanados		
Transformador de potencia o de potencial tridevanado		
Autotransformador		
Autotransformador tridevanado		
Generador		
Línea de transmisión		
Seccionador		
Interruptor de potencia	52 	
Contacto normalmente abierto		
Contacto normalmente cerrado		
Transformador de corriente		
Fallo		

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

- ◆ **Componentes principales: Equipos directamente relacionados con la producción, transporte y distribución de energía eléctrica**

Componente	Descripción	Ejemplos
Plantas de generación	Instalaciones y equipos para producir energía eléctrica mediante la transformación de otras formas de energía.	Plantas hidráulicas con o sin embalse Plantas térmicas: gas, carbón, nuclear, etc. Plantas eólicas Plantas solares
Transformadores	Equipos para elevar y reducir los niveles de tensión de operación del sistema eléctrico	Transformadores de potencia Transformadores de distribución
Equipo de compensación reactiva	Equipos que producen o consumen energía reactiva para control de voltaje, control de factor de potencia o estabilidad	Bancos de condensadores Reactores Static Var Compensation (SVC) Condensador sincrónico
Líneas de transmisión	Equipos para transportar energía eléctrica entre dos puntos	Líneas de transmisión, sub-transmisión, distribución.

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Equipo de corte y maniobra

Componente	Descripción	Ejemplos
Equipo de corte y maniobra	Realizan las maniobras de conexión y desconexión de los equipos eléctricos principales en condiciones normales de operación o bajo falla. Pueden manejar los sobrevoltajes asociados a las maniobras (switching) y el fenómeno del arco eléctrico.	Interruptor de potencia (circuit breaker) Seccionador (disconnector) Reconectadores (Recloser) Cortacircuitos (Cut-outs)

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

- ◆ **Equipo de protección:** No previene las fallas, su operación tiene gran efecto sobre la seguridad y estabilidad del sistema

Componente	Descripción	Ejemplos
Equipo de protección	Equipos que detectan las fallas o condiciones anormales de operación y realizan una acción.	1. Relés de protección (Relays): Poseen alguna forma de inteligencia para ejecutar su función. Comparan los valores de una o varias señales de entrada con respecto a una referencia. Si se cumple el criterio de comparación se produce una orden de disparo o alarma. 1. Pararrayos (Surge Arrester)

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Equipo de medida:

Componente	Descripción	Ejemplos
Equipo de medida	Toman muestras de las señales de interés, y las convierten a señales analógicas o digitales de bajo rango. Por ejemplo, baja tensión y baja corriente (1A, 5A).	Transformadores de instrumentación Medidores Remote Terminal Unit (RTU) Analizadores de señales

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Equipo de control

Componente	Descripción	Ejemplos
Equipo de control	Permiten controlar la operación de los equipos principales del sistema de potencia.	Regulador de velocidad (Governor) Regulador de voltaje (Excitation control, AVR) Power System Stabilizer (PSS) Control convencional (humano) Programmable Logic Controlers (PLC) Scada, control coordinado, centro de control

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Equipo de comunicaciones

Equipo de comunicaciones	Transmisión y recepción de señales de medida, control, protección	PLC (Power Line Carrier) Teléfono, microondas, radio
--------------------------	---	---



Torre de microondas

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Equipo de servicios auxiliares

Equipo de servicios auxiliares	Fuentes de alimentación de los equipos principales.	Bancos de baterías, plantas de emergencia Cargadores de baterías, tableros de distribución AC y DC, transformadores de servicios auxiliares
--------------------------------	---	--



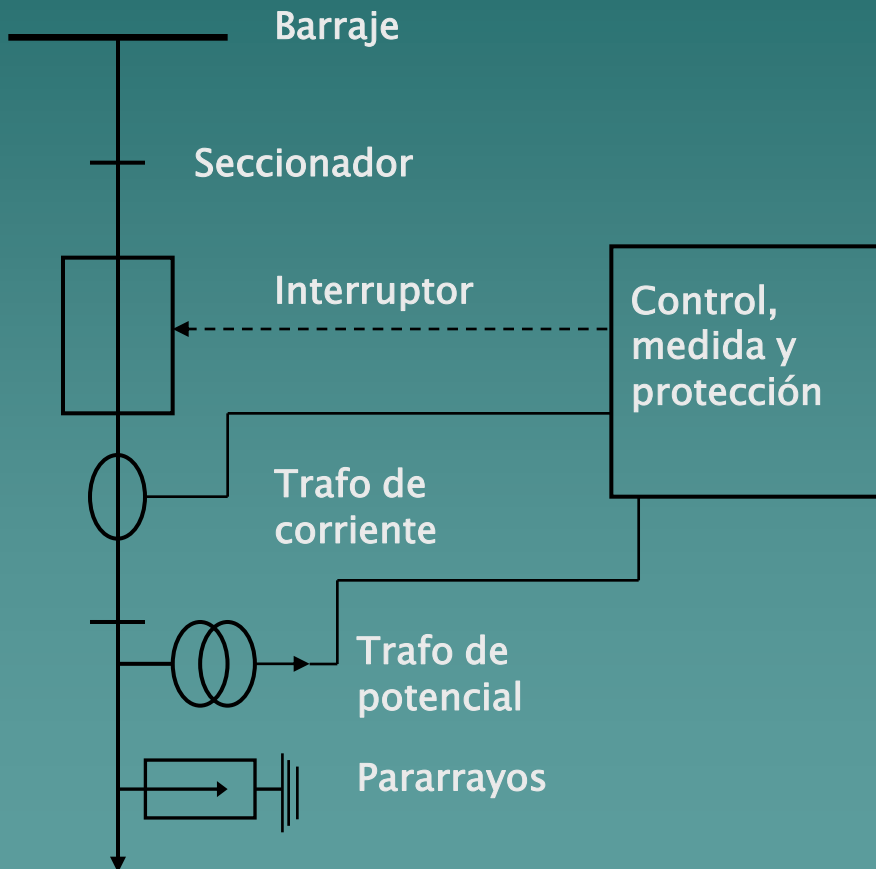
Planta de emergencia



Banco de baterías 125 V DC

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Subestaciones



Barraje

"Salida", "campo" o "bahía" de una subestación

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Plantas de generación



Están constituidas por la central de generación y la subestación eléctrica

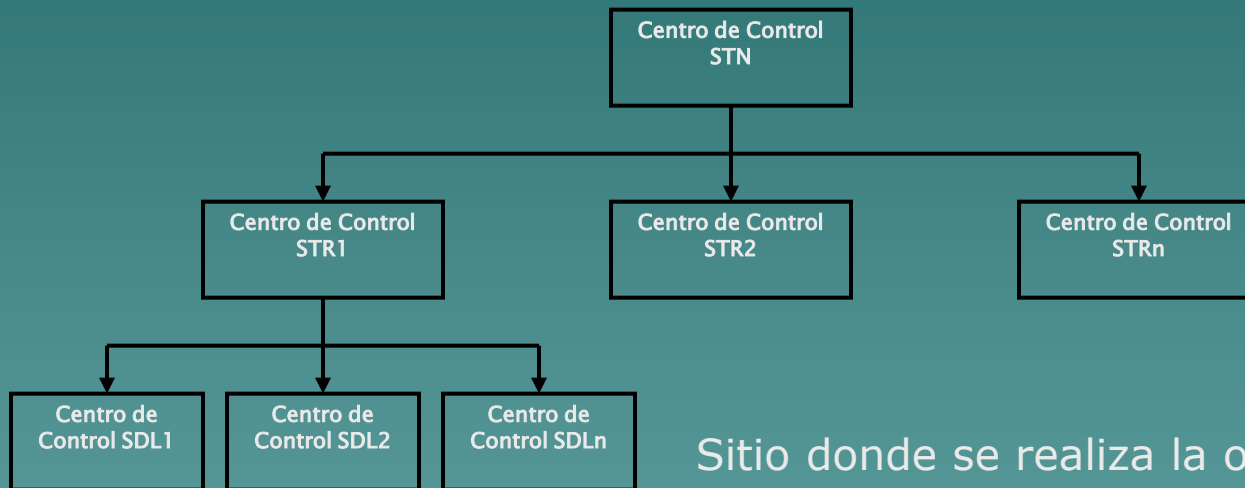
2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Sistemas de Control

Nivel de control	Equipos	Ubicación
3	Computador sistema de control remoto	Centro de control remoto
2	Computador central de sistema de control local	Casa de control
1	Relés de protección y equipo de control	Tablero de control y protección ubicado en caseta de relés o casa de control
0	Equipo de corte y maniobra y controles locales de equipo asociado al proceso.	Patio de subestación, tablero de control local de equipo, zona de proceso

2. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ Centro de Control

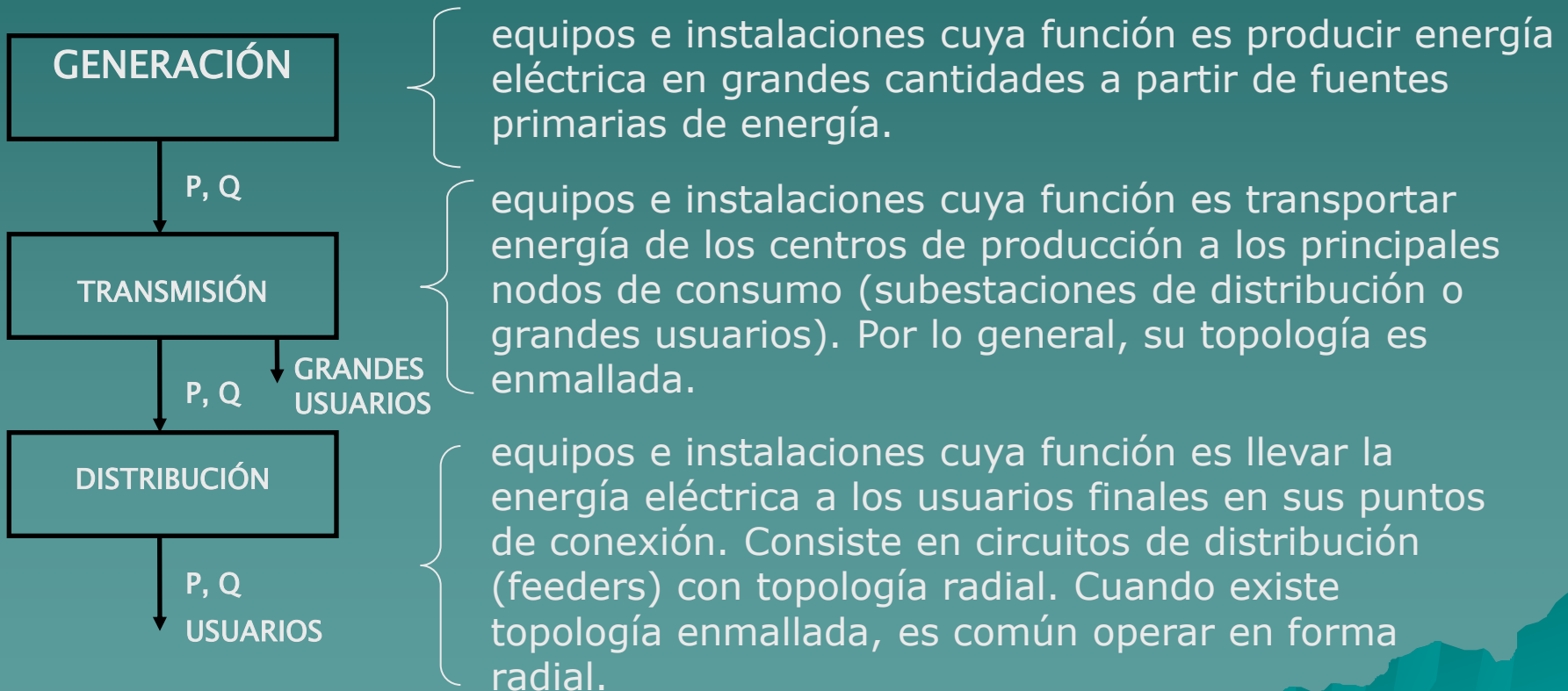


Sitio donde se realiza la operación integrada de un sistema de potencia. Puede ser local, regional o nacional.

Se requiere que en las subestaciones y plantas de generación exista algún grado de automatización y un sistema de comunicaciones entre las instalaciones involucradas.

3. ZONAS FUNCIONALES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

◆ ZONAS FUNCIONALES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA



4. VOLTAJES UTILIZADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

Voltaje de operación	Es el voltaje al cual opera el sistema de potencia y sobre el cual se define la regulación de voltaje. Se expresa en kV rms línea-línea
Voltaje nominal	Es el voltaje máximo al cual puede operar en forma continua un equipo eléctrico. Se expresa en kV rms línea-línea

Para algunos equipos del sistema eléctrico, no aplica el concepto de voltaje nominal:

1	Líneas de transmisión	El voltaje nominal es su voltaje de operación.
2	Transformadores de distribución y potencia	Los voltajes nominales corresponden a los voltajes de la relación de transformación, es decir, voltajes de operación. Ejemplo: 115/13.8 kV. Sin embargo, algunos de sus componentes pueden designarse con el voltaje máximo nominal.
3	Generadores	Se designan por su voltaje operativo. En general, valores de baja y media tensión.

4. VOLTAJES UTILIZADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

Clasificación:

Niveles de tensión establecidos por la CREG (Vnominal):

Nivel 1	$kV_{nom} < 1$
Nivel 2	$1 \leq kV_{nom} < 30$
Nivel 3	$30 \leq kV_{nom} < 62$
Nivel 4	$kV_{nom} \geq 62$

Actividades según la CREG (Voperación):

Transmisión	$kV_{operación} \geq 220$ Se denomina Sistema de Transmisión Nacional (STN)
Distribución	$kV_{operación} < 220$ Puede ser Sistema de Transmisión Regional (STR) ó Sistema de Distribución Local (SDL)

4. VOLTAJES UTILIZADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

Clasificación:

Niveles de tensión establecidos por el RETIE – Norma NTC 1340:

Extra alta tensión (EAT)	$> 230 \text{ kV}$
Alta tensión (AT)	$57,5 \text{ kV} < V \leq 230 \text{ kV}$
Media tensión (MT)	$1 \text{ kV} < V \leq 57,5 \text{ kV}$
Baja tensión (BT)	$25 \text{ V} < V \leq 1 \text{ kV}$
Muy baja tensión (MBT)	$V < 25 \text{ V}$

<http://www.portalelectricos.com/retie/index.php>

<http://www.cidet.com.co>

4. VOLTAJES UTILIZADOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

Clasificación:

ANSI según voltaje nominal:

Bajo voltaje	$kV_{max} \leq 1$
Medio voltaje	$1 < kV_{max} \leq 72,5$
Alto voltaje	$72,5 < kV_{max} \leq 242$
Extra alto voltaje	$242 < kV_{max} < 1000$
Ultra alto voltaje	$kV_{max} \geq 1000$

ANSI según voltaje de operación:

Distribución	$kV_{operación} \leq 34,5$
Subtransmisión	$34,5 < kV_{operación} \leq 138$
Transmisión	$kV_{operación} > 115$

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Dispositivo que transmite potencia eléctrica entre dos puntos por medio de conductores y opera a un voltaje mayor a 1 kV con señal DC o AC sinusoidal de 50 ó 60 Hertz.



5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Una línea de transmisión de potencia se puede representar como una red de dos puertos o cuadripolo



Red de secuencia positiva

Lineal ➡ Parámetros eléctricos son independientes de la carga eléctrica y de la corriente eléctrica. Sólo dependen de la geometría de montaje de los conductores y del tamaño y tipo de conductor.

Pasiva ➡ No es fuente de energía eléctrica

Bilateral ➡ Parámetros eléctricos son los mismos vistos desde cualquier par de terminales.

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

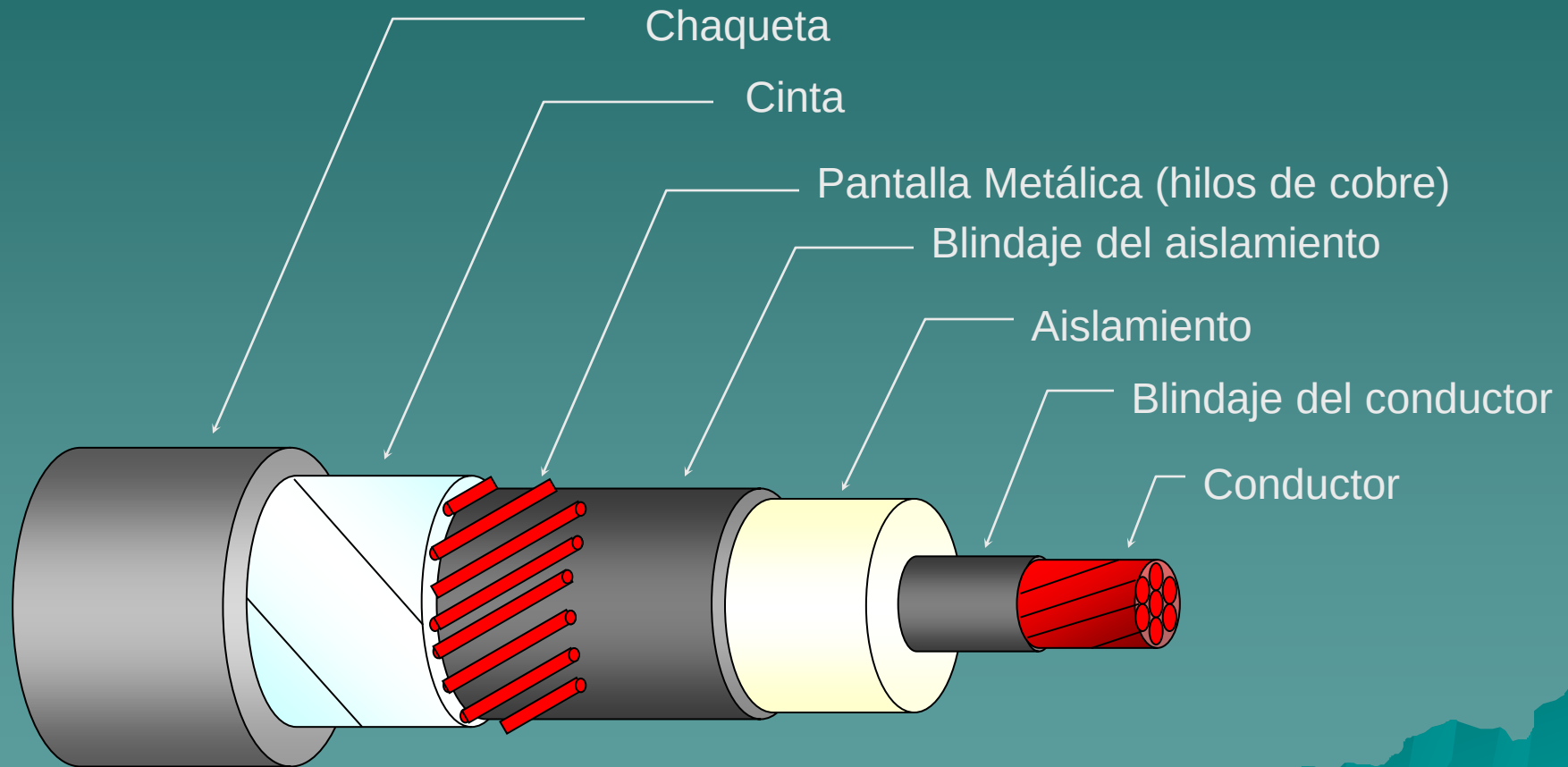
◆ Elementos principales (conductores):



- Se utilizan cables, no alambres
- Pueden utilizarse conductores distintos para fases y apantallamiento (cables guarda)
- Pueden ser desnudos o aislados
- Los materiales más utilizados son: aluminio (AA), cobre (CU), acero galvanizado (SS) y aleaciones y combinaciones de éstos como ACSR, alumoweld (AW), ACSR/AW, copperweld
- Los cables aislados pueden tener o no un neutro concéntrico, y ser monopolares, bipolares, tripolares, triplex, armados o acorazados.
- Material aislante preferido: Polietileno reticulado (XLPE)
- En los cables aislados siempre se utiliza una pantalla metálica exterior que se conecta a tierra para controlar el gradiente de potencial.



5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN



Tipo XLPE

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Elementos principales (Estructuras):



- Autosoportadas o retenidas
- Postes de concreto, madera, acero
- Torres en acero galvanizado (celosía)

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Elementos principales (aisladores):



- Suspensión y retención
- Tipo pin, poste, cadenas conformadas por unidades de suspensión
- Materiales: Porcelana, vidrio, materiales sintéticos



5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Elementos principales (herrajes):



- Grapas para sujetar cables de fases y guarda
- Amortiguadores
- Espaciadores para mantener separados los conductores de un haz
- Anillos para control de efecto corona
- Cuernos de arco
- Crucetas y demás elementos metálicos
- Cables para retención o anclaje



5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

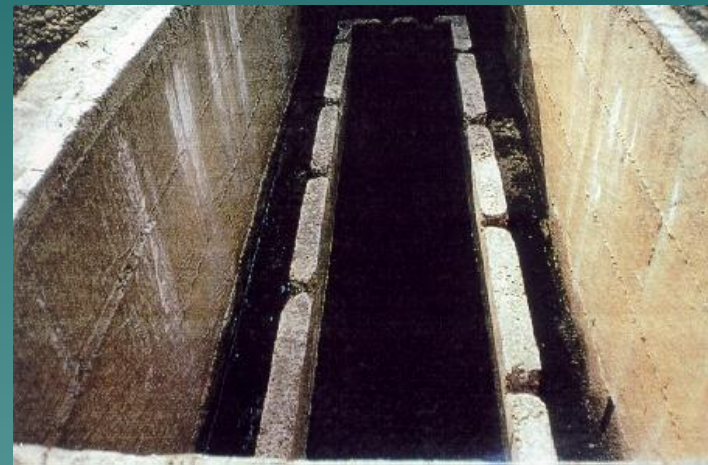
◆ Elementos principales (obras civiles):



Líneas aéreas



- Cimentaciones
- Corredor o servidumbre (Right of way)



Líneas subterráneas



- Bancos de ductos o zanjas
- Cajas de inspección, halado o tiro

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Elementos principales (puesta a tierra):



- Cable de cobre desnudo
- Conectores cobre-cobre o bimetálicos
- Varillas de puesta a tierra en cobre o copperweld
- Contrapesos
- Mallas de puesta a tierra

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Elementos principales (otros):

- Pararrayos de línea
- Empalmes y terminales monofásico y trifásicos para cables aislados
- Anclajes (Anchors)
- Balizas para señalización aeronáutica



5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Designación de Conductores

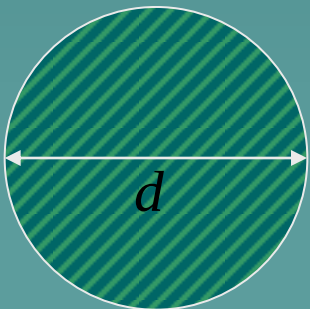
El tamaño del conductor se designa con base en el **área total.**

Milímetros cuadrados (mm²)

Es la práctica internacional pues cumple con el Sistema Internacional (SI) de unidades

Circular Mil (CMIL)

- Es una práctica norteamericana
- 1 CMIL = $0,5067 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$, es el área de un círculo cuyo diámetro es una milésima de pulgada
- A cada área estandarizada se le asigna una designación AWG o kcmil
- Los conductores hasta 211 600 cmil se designan por un calibre AWG: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0
- Los conductores mayores a 211 600 se designan por kcmil
- Es común asociar a cada calibre el nombre en Inglés de un ave (*Parrot, ostrich* etc).



$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \left[\text{pulg}^2 \text{ o CMIL} \right]$$

$$d = \frac{1}{1000} \text{ pulg}$$

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Conductores desnudos:

En la selección de un conductor se busca la mayor relación conductividad/peso y/o fuerza/peso a un mínimo costo.

Conductores estándar:

1. AAC (All Aluminum Conductor)
2. ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced)
3. AAAC (All Aluminum Alloy Conductor)
4. ACAR (Aluminum Conductor, Aluminum-Alloy Reinforced)

<http://www.centelsa.com/>

<http://www.sural.com/productos/desnudos/acsr.htm>

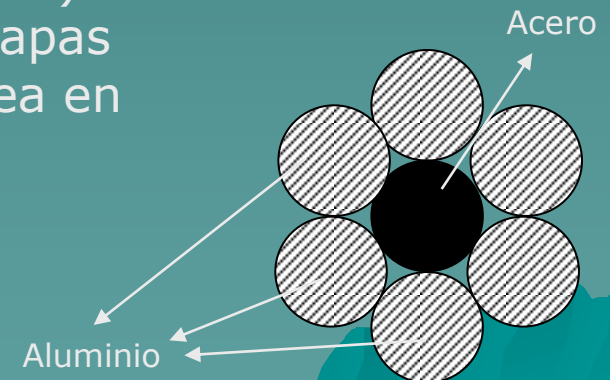
<http://www.cdeln.com/produccion.htm>

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Conductores desnudos:

Conductores estándar:

1. AAC (All Aluminum Conductor): Aluminio 1350-H19, bajo costo, conductividad de 61,2%, buena resistencia a la corrosión. Mayor relación conductividad/peso de todos los conductores aéreos. Se usa en zonas urbanas, vanos cortos, máxima transferencia de corriente.
2. ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced): Núcleo de acero rodeado de una o varias capas de aluminio 1350-H19, vanos largos, el área en cmil se especifica en función del área de aluminio, se elonga menos que otros conductores, soporta altas temperaturas.



ACSR 4 AWG 6 Al/1 S

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Conductores desnudos:

Conductores estándar:

3. AAAC (all aluminum alloy conductor): No contiene núcleo de acero, aleación de aluminio de alta fortaleza 6201-T81, alta relación resistencia/peso, ofrece mayor resistencia a la corrosión que el ACSR. La resistencia DC a 20 °C de los conductores AAAC y el ACSR estándar del mismo diámetro es aproximadamente la misma.
4. ACAR (Aluminum Conductor, Aluminum-Alloy Reinforced): Mezcla de hilos AAAC y AAC del mismo diámetro, excelente balance entre propiedades mecánicas y eléctricas, alta resistencia a la corrosión.

5. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

◆ Conductores desnudos:

Conductores modificados:

Incrementar:

- Capacidad de corriente para el mismo diámetro
- Auto-amortiguamiento para reducir las vibraciones aéreas
- Esfuerzo mecánico para reducir la catenaria de los conductores.



Cambios

1. Formas de los hilos
2. Grado de temple del aluminio de los hilos
3. Diferentes tipos de cubiertas para la protección contra la corrosión del núcleo de acero
4. Modificación de la configuración geométrica del conductor para producir un perfil variable frente al viento



