



# LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA.



## DEPARTAMENTO DE ILUMINACION Y ALTA TENSION

### AUTORES

**M.C. OBED RENATO JIMENEZ MEZA.**

**M.C. VICENTE CANTU GUTIERREZ**

**DR. ARTURO CONDE ENRIQUEZ**

**Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza Nuevo León Abril del 2006**

## **TEMARIO**



- 1. SISTEMAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA.**
- 2. MATERIALES UTILIZADOS EN LAS LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION.**
- 3. RESISTENCIA Y EFECTO SUPERFICIAL.**
- 4. INDUCTANCIA EN LAS LINEAS DE TRANSMISION.**
- 5. CAPACITANCIA EN LÍNEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION.**
- 6. RELACION DE TENSION Y CORRIENTE EN LÍNEAS DE TRANSMISION.**
- 7. CALCULO MECANICO DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISION.**
- 8. COORDINACION DEL AISLAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISION.**
- 9. NORMATIVIDAD APLICADA A LAS LÍNEAS DE TRANSMISION.**
- 10. GLOSARIO**
- 11. BIBLIOGRAFIA**

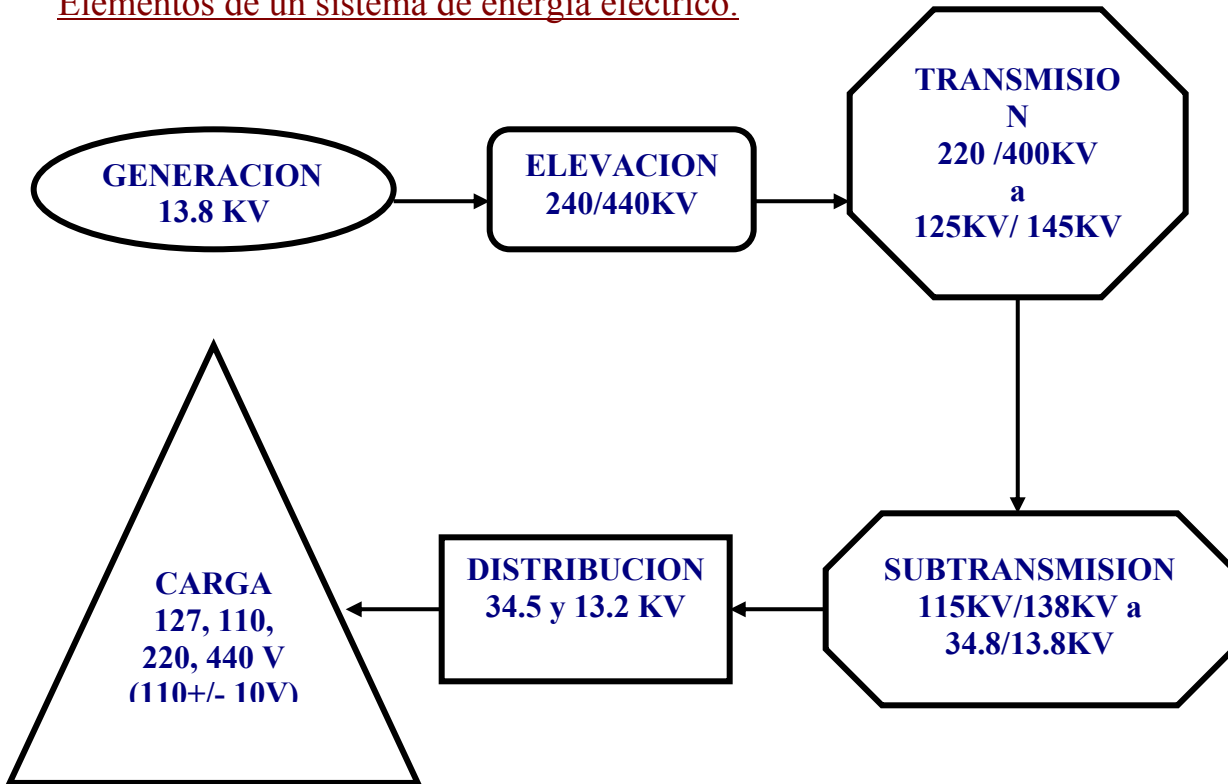
# 1. SISTEMAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

## Definicion de líneas de transmisión y distribución.

*Es el conjunto de dispositivos para transportar o guiar la energia electrica desde una fuente de generacion a los centros de consumo (las cargas). Y estos son utilizados normalmente cuando no es costeable producir la energia electrica en los centros de consumo o cuando afecta el medio ambiente (visual, acustico o fisico), buscando siempre maximisar la eficiencia, haciendo las perdidas por calor o por radiaciones las mas pequeñas posibles*



Figura: Líneas de transmisión sobre estructura metálica.

Elementos de un sistema de energia electrico.

*El sistema de energia electrico consta de varios elementos esenciales para que realmente la energia electrica tenga una utilidad en residencias, industrias, etc.*

*Todo comienza cuando en las plantas generadoras de energia electrica de las cuales existen varias formas de generar la energia (plantas geotermicas, nucleares, hidroelectricas, termicas, etc).*

*Despues de ese proceso la energia creada se tiene que acondicionar de cierta manera para que en su transportacion a los centros de consumo se tenga el minimo de perdidas de esa energia, y para eso esta el proceso de elevacion de voltaje.*

***Al transimitir** la energia se tiene alta tension o voltaje y menos corriente para que existan menores perdidas en el conductor, ya que la resistencia varia con respecto ala longitud, y como estas lineas son demasiado largas las perdidas de electricidad por calentamiento serian muy grandes.*

*Esa electricidad llega a los centros de distribucion el cual estos ya envian la electricidad a los centros de consumo, donde estos reciben electricidad ya acondicionada de acuerdo a sus instalaciones ya sean 110, 127, 220 v, etc.*

**FUENTES DE ENERGIA**

**Las fuentes de energía pueden clasificar en:**

- **RENOVABLES**
- **NO RENOVABLES**

### **FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES**

**Las energías renovables son aquellas que llegan en forma continua a la Tierra y que a escalas de tiempo real parecen ser inagotables.**

**Son fuentes de energía renovables:**

- *Energía Hidráulica*
- *Energía Solar*
- *Energía Eólica*
- *Energía de Biomasa*
- *Energía Mareomotriz*

### **ENERGIA HIDRAULICA:**

**Es aquella energía obtenida principalmente de las corrientes de agua de los ríos. El agua de un río se almacena en grandes embalses artificiales que se ubican a gran altura respecto a un nivel de referencia.**

**Constituye un sistema energético de los denominados renovables, pero merece estar en un grupo intermedio, a medio camino entre las energías limpias y las contaminantes. Ello es debido al *elevado impacto* ambiental y humano que causan las presas y embalses.**

**Esta modalidad energética es aceptable ecológicamente, siempre y cuando se apueste por la construcción de minipresas, cuyo principio funcional es idéntico al de los grandes embalses y, sin embargo, su impacto ambiental es reducido y su rendimiento, aunque menor, es perfectamente almacenable y válido para consumo. Lo ideal es la creación de una red de minicentrales hidroeléctricas que abastezcan de agua y electricidad a zonas rurales muy limitadas. De esta forma la diversificación y la eficacia será mayor y el impacto ecológico mucho más reducido.**

### **ENERGIA SOLAR**

**Es el recurso energético más abundante del planeta. El flujo solar puede ser utilizado para suministrar calefacción, agua caliente o electricidad. Para ello existen tres modalidades de aprovechamiento:**

- 1. La arquitectura solar pasiva: que aprovecha al máximo la luz natural, valiéndose de la estructura y los materiales de edificación para capturar, almacenar y distribuir el calor y la luz.**

2. **Los sistemas solares activos:** que se valen de bombas o ventiladores para transportar el calor desde el punto de captación, hasta el lugar donde se precisa calor o agua caliente.
3. **Células fotovoltaicas:** que aprovechan la inestabilidad electrónica de elementos como el Silicio, para provocar, con el aporte de luz solar, una corriente eléctrica capaz de ser almacenada. Este sistema plantea como problemas, en absoluto insalvables, el impacto visual de las pantallas de captación solar y el excesivo precio que actualmente alcanzan los dispositivos fotovoltaicos, lo que los excluye de la explotación a nivel de redes nacionales o provinciales, aunque no en espacios comarcales alejados o de difícil acceso.

**La energía que suministra el Sol es ilimitada, inagotable y limpia, aunque queda por investigar las repercusiones medioambientales que pueden surgir en la fabricación de los elementos fotovoltaicos, su impacto sobre el medio, evidentemente, es**



#### **ENERGIA EOLICA:**

**Esta energía es producida por los vientos generados en la atmósfera terrestre. Se puede transformar en energía eléctrica mediante el uso de turbinas eólicas que basan su funcionamiento en el giro de aspas movidas por los vientos. Bajo el mismo principio se puede utilizar como mecanismo de extracción de aguas subterráneas o de ciertos tipos de molinos para la agricultura.**

**Al igual que la energía solar se trata de un tipo de energía limpia, la cual sin embargo presenta dificultades, pues no existen en la naturaleza flujos de aire constantes en el tiempo, más bien son dispersos e intermitentes.**

**Este tipo de energía puede ser de gran utilidad en regiones aisladas, de difícil acceso, con necesidades de energía eléctrica, y cuyos vientos son apreciables en el transcurso del año.**

#### **ENERGIA DE BIOMASA:**

**Constituye en muchos aspectos la opción más compleja de energía renovable, debido fundamentalmente a la variedad de materiales de alimentación, la multitud de procesos de conversión y la amplia gama de rendimientos. Consiste en la transformación de materia orgánica, como residuos agrícolas e industriales, desperdicios varios, aguas negras, residuos municipales, residuos ganaderos, troncos de árbol, restos de cosechas, etc., en energía calórica o eléctrica.**

**Los métodos principales para convertir la biomasa en energía útil son:**



- 1. Combustión directa**
- 2. Digestión anaerobia**
- 3. Fermentación alcohólica**
- 4. Pirólisis**
- 5. Gasificación**

**El método de la combustión directa es el que más problemas plantea:**

- **La búsqueda de materia biológica (madera) para quemar puede afectar a los ecosistemas naturales hasta el punto de provocar la desaparición del bosque, y con él la fauna.**
- **La combustión de residuos orgánicos puede acarrear la emisión de determinados elementos tóxicos:**
  - **Dioxinas y furanos: altamente tóxicos y bioacumulativos.**
  - **Metales pesados: bioacumulativos. (Unos controles estrictos y unos adecuados sistema de depuración, podrían reducir las emisiones pero es más conveniente eliminar los materiales tóxicos en la combustión de residuos).**
- **La búsqueda de residuos aptos para el consumo energético puede afectar las posibilidades de reciclado de los elementos presentes en la basura.**

**El resto de modalidades energéticas de origen biológico no provocan un efecto significativo, quizá alguna repercusión social o económica, pero un mínimo perjuicio medioambiental.**

## **ENERGIA MAREOMOTRIZ:**

**Actualmente, la energía proporcionada por las mareas se aprovecha para generar electricidad. Esta circunstancia se produce en un número muy reducido de localizaciones.**

**Constituye una energía muy limpia, pero plantea algunas cuestiones por resolver, sobre todo a la hora de construir grandes instalaciones:**

- **Impacto visual y estructural sobre el paisaje costero.**
- **Efecto negativo sobre la flora y la fauna.**

**Estos inconvenientes pueden quedar minimizados con la construcción de instalaciones pequeñas, que son de menor impacto ambiental pero representan un mayor coste de realización.**

**Este tipo de energía proveniente de las olas está aún en proceso de investigación, pero ya se dispone de 2 instalaciones (Escocia y Noruega) en el mundo. Plantea infinitas posibilidades, pero los responsables políticos y económicos no confían en este recurso energético, lo suficiente para destinar un**

**mayor presupuesto a la investigación y al fomento de planes de actuación en este sentido.**

## **FUENTES DE ENERGIA NO RENOVABLES:**

**Son Fuentes de Energía**

- Carbón
- Petróleo
- Gas Natural
- Energía Nuclear

### **CARBON:**

**Es un combustible fósil y sólido que se encuentra en el subsuelo de la corteza terrestre y que se ha formado a partir de la materia orgánica de los bosques del periodo Carbonífero, en la Era Primaria.**

**La explotación del carbón representa un múltiple y acusado impacto sobre el medio ambiente, clasificándose**

#### **modalidades:**

##### **1. Impacto minero:**

- **Consumo de recursos naturales como el carbón, el agua, la tierra y etc.).**
- **Desde el punto de vista de la seguridad e higiene, el trabajo en minas de carbón puede producir Silicosis, entre otras enfermedades.**
- **Existe el peligro real de explosiones gracias al temido gas Grisú.**
- **En caso de minas a cielo abierto, el sistema de producción utilizado supone la excavación de un hueco en la tierra que destruye de forma importante el paisaje y modifica el ecosistema en el que se implanta.**
- **Contaminación de aguas utilizadas para el lavado del carbón.**
- **Los acúmulos de escorias también son causantes de contaminación por filtraciones hacia las aguas subterráneas.**

**Las explotaciones mineras desestabilizan las tierras de superficie, facilitando la erosión por las aguas**

##### **2. Impacto de centrales térmicas:**

- **Gases emitidos en la combustión de carbón (que en el proceso pueden haberse añadido conjuntamente al petróleo o gas natural), como son el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), que contribuyen directamente a aumentar el "efecto invernadero", la "lluvia ácida", la contaminación de los nutrientes del suelo y aguas de escorrentía, etc.**
- **Emisión de cenizas y polvo.**
- **Dispersión a grandes distancias de las partículas tóxicas emitidas.**



- **Contaminación de aguas utilizadas para reposición, almacenamiento y refrigeración de cenizas procedentes de la combustión.**
- **Tratamientos agresivos sobre el agua, para combatir las incrustaciones producidas en los equipos y componentes de la central.**

## **PETROLEO:**

**Constituye uno de los elementos líquidos más peligrosos del planeta, no por su naturaleza en sí, sino por el catastrófico uso que de él hace el hombre. La contaminación que provoca se manifiesta de varias formas:**

### **1. El crudo:**

- **En la extracción: se vierte parte del petróleo, directamente al espacio que rodea la prospección. Esto es especialmente dañino cuando se trata de extracciones en mar abierto.**
- **El transporte es especialmente perjudicial y contaminante por la diversidad de situaciones y circunstancias que suelen ocurrir, por los obsoletos e inseguros medios e infraestructuras que intervienen y por las grandes cantidades de crudo que se manejan ordinariamente.**

**Estas son algunas de las principales consecuencias de este cúmulo de circunstancias:**

- **Las operaciones de carga y descarga de crudo causan vertidos incontrolados en las localizaciones donde se producen.**
- **Los grandes petroleros sufren con demasiada frecuencia graves accidentes que de nuevo tienen como fatal consecuencia el vertido al mar.**
- **Las embarcaciones petroleras han de limpiar sus depósitos periódicamente para mantener una mínima garantía de calidad en el transporte. Para ello se introducen grandes cantidades de jabón, que después será expulsado directamente al mar mezclado con los restos de crudo que contenían.**
- **Cuando los barcos petroleros descargan y deben partir vacíos, utilizan un truco, que consiste en llenar (en un 40%) los tanques vacíos con agua del mar, con el propósito de ganar estabilidad y facilitar la navegación. Cuando se procede a cargar de nuevo el crudo se perpetra lo que se denomina "achique de lastre", que consiste en expulsar al mar el agua contenida en los tanques. Este agua arrastrará los restos de petróleo que contenían y de nuevo contaminará el mar. (Estas dos últimas actividades, que están totalmente prohibidas, deben efectuarse en instalaciones adecuadas para estos menesteres, pero esta norma se incumple masiva y sistemáticamente, debido, entre otros motivos, a la falta de control y vigilancia, y la falta de sanciones duras, que permiten, que las multas por infracciones de este tipo suman cantidades muy inferiores al precio de tarifa que se aplica en los caladeros-taller por la limpieza de tanques).**
- **La gravedad de los vertidos de crudo sufridos durante el transporte, determina la necesidad de prestar una especial atención a tan peligrosa actividad.**

- *En el refinado: se contamina por la evacuación de los desechos de las refinerías.*

*Pero ¿qué daños produce el vertido al mar?*

**Son abundantes y, en la mayoría de las ocasiones, catastróficos. El petróleo, una vez en contacto con el agua, tenderá a flotar, lo que provocará, entre otros, los siguientes efectos:**

- **Rechazo de los rayos de sol.**
- **Dificultad de evaporación del agua, lo que condiciona la formación de nubes y, como consecuencia final, produce una modificación del microclima en la zona.**
- **Impide la renovación del oxígeno del agua.**
- **Ocasiona la formación de alquitrán, especialmente en los grandes vertidos debido a que las bacterias no han tenido el suficiente tiempo para asimilar los componentes del petróleo.**

**La capa de crudo termina cubriendo la playa, lo que provoca:**

- **La muerte de toda la micro fauna de la zona. Estos microorganismos filtran y renuevan la arena, asimilando a la vez materia orgánica. Su desaparición desencadena el proceso de eutrofización y el deterioro general del medio.**
- **La pérdida de la capacidad de la arena para renovar y filtrar el agua del mar.**
- **La capa de hidrocarburos se pega al plancton y envenena a moluscos, crustáceos, peces y al hombre, cerrando así, el círculo de la contaminación a través de la cadena trófica y devolviendo al hombre su propio desecho contaminado.**
- **Las aves marinas también sufren las consecuencias. El alquitrán se deposita en su plumaje, lo que desencadena su muerte por intoxicación o ahogadas.**
- **Cuando se produce un vertido al mar, se suele utilizar por costumbre, detergentes para lavar aguas y playas, pero esta medida sólo consigue intoxicar la flora y la fauna acuáticas y precipitar el crudo al fondo marino con lo que el problema se extiende a los ecosistemas submarinos. Las técnicas de limpieza y drenaje son todavía ineficaces ante la magnitud que suelen alcanzar estas catástrofes ecológicas.**

**Recientemente se ha abierto una puerta a la esperanza: se ha descubierto una bacteria capaz de asimilar los elementos fósiles presentes en ambientes líquidos, lo que representa una elevación de las posibilidades para la eficaz recuperación de los ecosistemas afectados por los vertidos de crudo.**

***Pero, este descubrimiento no puede ser la solución a estos problemas ecológicos, provocados en la mayoría de los casos por negligencia humana, aunque, si es cierto que va a representar una esperanza para la eficaz recuperación medioambiental del entorno. La solución pues, está en aplicar medios de transporte seguros y eficaces, es decir: "la solución no es remendar sino evitar el roto".***

## **2. La Combustión:**

***La combustión de derivados del petróleo, tanto en el transporte, como en las calderas de calefacción, o en las centrales térmicas, tiene como efecto inmediato la producción de elementos químicos, como el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos volátiles, que son los causantes directos de problemas ambientales graves como:***

***El Efecto Invernadero:*** ***determinados elementos químicos (CO<sub>2</sub>) produce una barrera artificial en la atmósfera capaz de permitir el paso de la energía solar y a la vez retener la energía despedida por el planeta. Esta circunstancia provoca una aclimatación, parecida a la que ocurre en los invernaderos, cuyos efectos son:***

- ***Modificación del clima.***
- ***Desaparición de millones de ecosistemas.***
- ***Alteración de los sistemas depurativos y defensivos del planeta.***

***La Lluvia Ácida:*** ***El agua de las nubes capta los elementos químicos producidos en la combustión de hidrocarburos (derivados del petróleo y el gas) y en la emisión de gases industriales, lo que produce una acidificación de las nubes y la posterior precipitación de elementos ácidos. Este proceso tiene como consecuencias directas:***

- ***La caída de hojas y la inhibición del crecimiento en la vegetación.***
- ***La pérdida de hábitat para la fauna.***
- ***La acidificación del suelo, lo que afecta a los sistemas de nutrición de las cadenas tróficas primarias.***
- ***La contaminación de aguas subterráneas y superficiales, que influye en la alimentación de animales y plantas, integrantes de cadenas tróficas secundarias.***
- ***Empobrecimiento de la diversidad biológica.***

***Otras consecuencias indirectas del consumo de hidrocarburos son:***

- ***Contaminación acústica.***
- ***Efecto bioacumulativo del plomo contenido en los carburantes, causante de patologías humanas graves.***

### 3. Los Residuos:

**Una de las características más representativas del petróleo, como producto de consumo, es su capacidad de transformarse en residuo, generalmente poco degradables por los procesos degenerativos naturales. Además, debido a la diversificación y difusión de su uso, se constituye en causa determinante indirecta para la producción de cantidades ingentes de desechos industriales y urbanos. Sus manifestaciones más características son:**

- Aceites usados.
- Desechos de maquinaria industrial.
- Alquitranes y grasas varias.
- Desmantelado de vehículos.

**Plásticos y en general todos aquellos productos que proceden directa o indirectamente de la industria del petróleo, etc**

### GAS NATURAL:

**Constituye un tipo de energía no renovable, ligado muy directamente a la industria del petróleo, aunque las consecuencias derivadas de su consumo son menos perjudiciales para el entorno natural. En realidad, debido a su menor impacto, se podría utilizar como una energía tránsito, capaz de sustituir con éxito al carbón al petróleo, a corto o medio plazo, hasta alcanzar un óptimo desarrollo y aplicación de las energías limpias. Esto representaría un freno a la dependencia hacia electricidad y petróleo y una reducción importante en la emisión de contaminantes. Analicemos sus ventajas e inconvenientes:**

#### 1. Ventajas en comparación con otras fuentes energéticas:

- Barato.
- Rendimiento energético mayor.
- Suministro permanente que no obliga a almacenamientos ni se arriesga a desabastecimientos.
- Reserva mundial inmensa (superior a la del petróleo).
- Menor contaminación directa, debido a que no contiene azufre y la producción de CO<sub>2</sub> es mínima.
- Menor contaminación indirecta, pues no necesita transporte por carretera.

#### 2. Inconvenientes:

- No es una fuente energética renovable.
- La instalación de conductos produce impactos ambientales, aunque limitados.
- Genera elementos químicos en la combustión, aunque en menor proporción y con menor incidencia.

### ENERGIA NUCLEAR:

**La tecnología nuclear constituye actualmente una espada de Damocles que pende sobre nuestras cabezas. Es la fuente energética de mayor poder, aunque no la más rentable. Sus dos principales problemas son:**

- **Desechos radiactivos de larga vida.**
- **Alta potencialidad aniquiladora en caso de accidente.**

**El estudio de su impacto ambiental debe llevarse a cabo, analizando todo el proceso de producción de la energía nuclear:**

### **1. Extracción, concentrado y enriquecimiento de Uranio:**

- **La extracción del mineral provoca la contaminación por:**
  - **Sólidos: estériles de minería, que por su pobre concentración en Uranio son desechados, aunque sean activos.**
  - **Líquidos: aguas superficiales y subterráneas, que por procesos de lixiviación (filtración), arrastran los materiales de la mina.**
  - **Gases: Radón, gas radiactivo, que se libera a la atmósfera una vez abierta la mina y que entre en contacto directo con los mineros.**
- **El proceso de concentrado y enriquecimiento se realiza en plantas de tratamiento, que generan idénticos desechos que en el proceso de extracción, pero en diferentes concentraciones. Una vez enriquecido el Uranio, está en disposición de ser utilizado como combustible en centrales de producción eléctrica nuclear.**

### **2. Producción de energía:**

**En este caso los problemas ocurren en:**

- **Centrales eléctricas nucleares: el proceso nuclear genera una gran cantidad de residuos radiactivos, que deben almacenarse en las dependencias de la misma central y en depósitos especiales para material radiactivo. Producen contaminación de aguas (con las que se refrigera), tierras y aire.**
- **Reactores nucleares: constituyen unidades energéticas móviles e independientes, generalmente utilizadas para la propulsión de submarinos y portaaviones de los ejércitos. Su peligro potencial es inmenso:**
  - **El riesgo de accidentes obliga a extremar las precauciones en el manejo de estas naves, pues una colisión, significaría la propagación en el mundo marino de la contaminación radiactiva.**
  - **El funcionamiento de estos reactores implica la producción de residuos contaminados, que han de ser depositados en algún lugar.**

- **Riesgo de exposiciones a la radiación por parte del personal de las naves, debido a negligencias o averías.**
- **Posible utilización de material bélico nuclear (después de Hiroshima y Nagashaki, no es necesario explicar sus posibles efectos).**

### **3. Aplicación en medicina, industria, investigación y transporte:**

**De todos es de sobra conocido el tristemente famoso caso del acelerador de partículas en el hospital de Zaragoza. El fallo producido en la bomba de cobalto provocó la muerte de más de 20 personas. Este suceso es lo suficientemente descriptivo, para tomar en consideración la potencial peligrosidad de los elementos radiactivos.**

**Otra aplicación es la utilización, por parte de la industria, de materiales radiactivos para medir densidad, espesor, etc.**

**Los peligros que esconden muchos centros de investigación y experimentación nuclear, son tan variados como el tipo de trabajo que se realiza en ellos. Y en la mayoría de las ocasiones desconocidos.**

### **4. Clausura de centros nucleares:**

**El problema principal que se plantea a la hora de clausurar estas instalaciones es ¿qué hacer con los residuos radiactivos acumulados durante años?**

**Lo más corriente es que los residuos de alta actividad de almacenen en piscinas dentro de los recintos de las centrales nucleares y los de baja y media actividad se envíen a cementerios nucleares.**

**En resumidas cuentas, la clausura de centros nucleares suele ser más peligrosa y costosa que su puesta en marcha.**

**Como conclusión valga la siguiente reflexión: la manipulación de las fuentes energéticas acentúa la influencia de determinados estratos de poder en las estructuras sociales. Evitémos la dominación sin conciencia, a veces evidente, a veces solapada, pero siempre tiránica, sobre los recursos naturales. Entendamos que la puerta del futuro energético del planeta se abre con tres llaves:**







- **AHORRO.**
- **EFICIENCIA.**
- **ENERGIAS LIMPIAS.**



Características principales entre un sistema de distribucion de C.A y C.C.

**Corriente continua C.C.**

- No tiene perdidas por reactancias
- Tiene perdidas resistivas solamente.
- No tiene factor de potencia.
- No es facil transformable.
- Utiliza todo el conductor para conducir.
- Usa mayor amperaje,l

TAMAÑO DEL CONDUCTOR CON LA MISMA POTENCIA PERO DIFERENTE VOLTAJE	
KV	TAMAÑO
13.8	 D
69	
115	
400	
750	
1500	

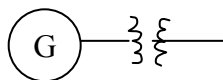
**Corriente alterna C.A.**

- Tiene frecuencia.
- Presenta una mayor caida de tension.
- Tiene mayors perdidas por impedancias.
- Es facilmente transformable.
- Tiene factor de potencia.

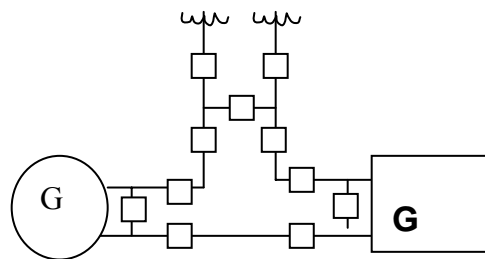
1) CALIDAD: continuidad en el servicio del voltaje.

INTERCONEXIÓN:

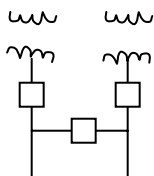
RADIAL



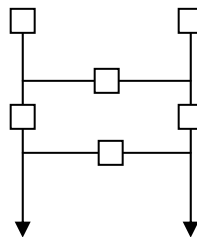
ANILLO



MEDIO ANILLO



ANILLO COMPLETO



### Clasificacion de la energia electrica en Mexico.

*La energia electrica se puede clasificar de acuerdo a la cantidad de volts que esta contenga. En Mexico la energia es clasificada de acuerdo a el **Articulo 2 de el Reglamento de la Ley del Servicio Publico de Energia Electrica** la cual fue avalada por la **Comision Federal de Electricidad** y Clasifica a la tension de operaci3n:*

***Voltaje < 1000 v ----- Baja tension.**  
**1001 < Voltaje < 35000 v ----- Mediana tension.**  
**220000 < Voltaje > 35000 v ----- Alta tension (Para nivel de Subtransmision).**  
**Voltaje > 220000 v ----- Alta tension (para nivel de transmisi3n.)***

*Fuente: [WWW.lfc.gob.mx/cbma/capitulo\\_2](http://WWW.lfc.gob.mx/cbma/capitulo_2)*

*Y de acuerdo con su carga:*

#### *Media Tension*

*Tarifa O-M Tarifa Ordinaria con demanda menor a 100KW.*

*Tarifa H-M Tarifa horaria con demanda mayor a 100KW.*

*Tarifa H-MC Tarifa horaria para servicio general en media tension para demanda de 100KW o mas para corta duracion.*

#### *Nivel de Subtransmision.*

*Tarifa H-s Tarifa horaria para servicio general.*

*Tarifa H-SL Tarifa horaria para servicio general de larga utilizaci3n.*

#### *Nivel Transmisi3n.*

*Tarifa H-T Tarifa horaria para servicio general.*

*Tarifa H-TL Tarifa horaria para servicio general de larga utilizaci3n.*

## 2. MATERIALES UTILIZADOS EN LAS LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION.

### Materiales utilizados en líneas de transmisión.

*Existen varios materiales que son utilizados en las líneas de transmisión, esto de acuerdo a las necesidades de la línea. Por ejemplo el cobre duro es utilizado en las líneas aéreas donde se requiere más propiedades mecánicas de tensión ya que si se pone cobre suave la línea tenderá a pandearse debido a la gravedad y a su propio peso. Y en líneas subterráneas se utiliza el cobre suave, debido a que si utilizamos el cobre duro le quitaría la flexibilidad, que estas requieren para su instalación y manejo.*

Material	Densidad gr/ cm <sup>3</sup>	Temp. de Fusión °C	Coef. de dilatación X 10 <sup>-4</sup> °C	Temp. Ideal R ≈ 0 Ω	Resistividad Eléctrica(ρ) 20 °C Ω-mm <sup>2</sup> /km	Coef. térmico de resistividad 20 °C	Conductividad Eléctrica en % con el cobre suave
Acero	7.90	1400	13	208.5	575-115	0.0016-0.0032	3-15
Aluminio	2.70	660	24	228	28.264	0.00403	61
Cobre duro	8.89	1083	17	241	17.922	0.00383	96.2
Cobre suave	8.89	1083	17	234.5	17.241	0.00383	100
Plomo	11.38	327	29		221	0.0040	7.8
Zinc	7.14	420	29		61.1	0.004	28.2
Estano	7.28	231.9	0.2270	269.42	120	.0046	

### Usos de los materiales en la transmisión y distribución de energía eléctrica.

Material	Aplicaciones	Tipo de poste	Herrajes
Aluminio	Se utiliza en distancias de 30 a 40mts.	Postes de Madera, estructuras pequeñas, concreto y hormigón	De 15000Lbs
Cobre	Se utiliza en distancias de 60 a 80 mts.	Postes de Madera, estructuras pequeñas, concreto y hormigón	De 15000Lbs
ACSR	Se usa en distancias de 100 a 120 mts.	Postes de Madera, acero y estructuras metálicas pequeñas	De 25 a 35KLbs
Cobre Hueco Aluminio Hueco	Se usa en distancias de 4 a 20 mts	Aisladores Soporte	De 3 ½ y 5 ½

EN RESUMEN LOS MATERIALES MAS UTILIZADOS SON:

- COBRE DURO(En líneas Aereas)
- COBRE SUAVE(En líneas Subterráneas)
- ALUMINIO o Aleacion
- ALUMINIO Y ACERO ACSR

Y SE RECOMIENDA USAR LOS SIGUIENTES MATERIALES EN LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

ZONA DE CORROSION	TIPO DE CABLE
LIGERA(L)	ALUMINIO CON NÚCLEO DE ACERO ACSR
MEDIA(M)	ALUMINIO CON NÚCLEO DE ALUMINIO ACSR/AW
FUERTE(F)	COOPERWELD Y COBRE (CW-CU)

### Seccion de los conductors utilizados en las lineas de transmision.

*Existen varias formas de definir las características físicas de un conductor eléctrico, con respecto al diámetro, que tipo de aislamiento tiene, etc. Tales serán mencionadas a continuación*

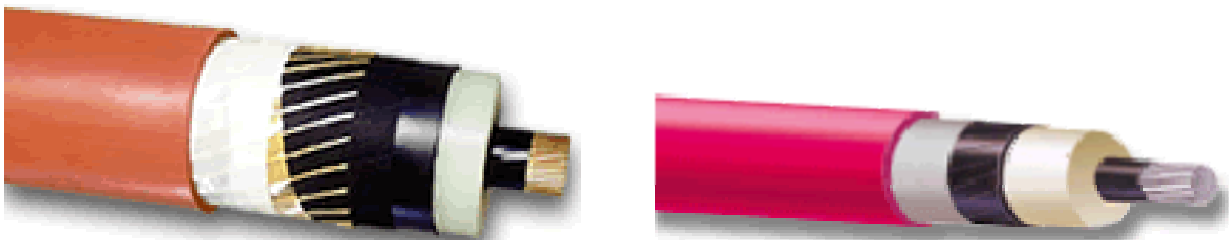
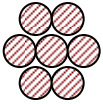


Figura. Cable de Alta Tension Figura. Cable de Media Tension.

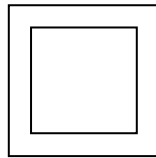
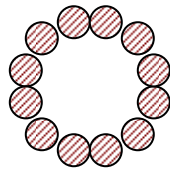
Clasificación de los conductores por la forma de su sección



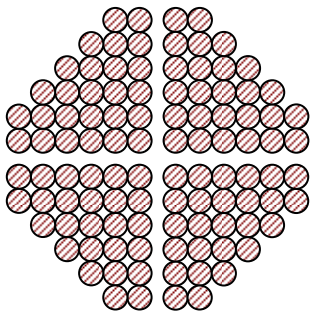
1 solo hilo



Mas de 2 hilos



Conductor hueco



Conductor seccionado

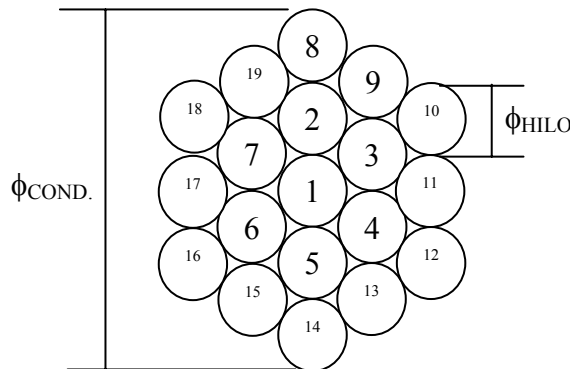
Determinación de # de hilos a través de la cantidad de capas para conductores concéntricos

$$3x^2 - 3x + 1 = n$$

n = # de hilos

x = # de capas considerando al conductor central como 1

- 1)  $3(1)^2 - 3(1) + 1 = 1$
- 2)  $3(2)^2 - 3(2) + 1 = 7$
- 3)  $3(3)^2 - 3(3) + 1 = 19$
- 4)  $3(4)^2 - 3(4) + 1 = 37$

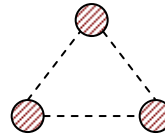


TRANSMISION POR CONDUCTORES MULTIPLES

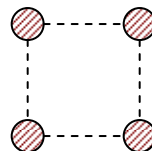
$R_T = 1/2 R$  ; si  $R_1 = R_2$     2 conductores por fase



3 conductores por fase



4 conductores por fase



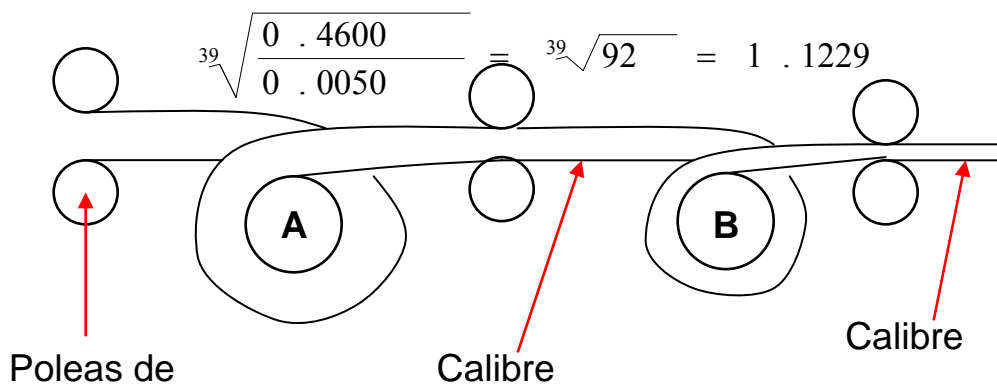
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

Definicion de AWG.

(Fuente Selección de Cables de Energia de CONDUMEX)

La "American Wire Gage", también conocida como la "Brown and Sharpe Gage", fue ideada en 1857 por J.R. Brown. Esta escala de calibres, así como algunas otras de las escalas usadas, tiene la propiedad de que sus dimensiones representan con aproximación los pasos sucesivos del proceso de estirado del mismo.

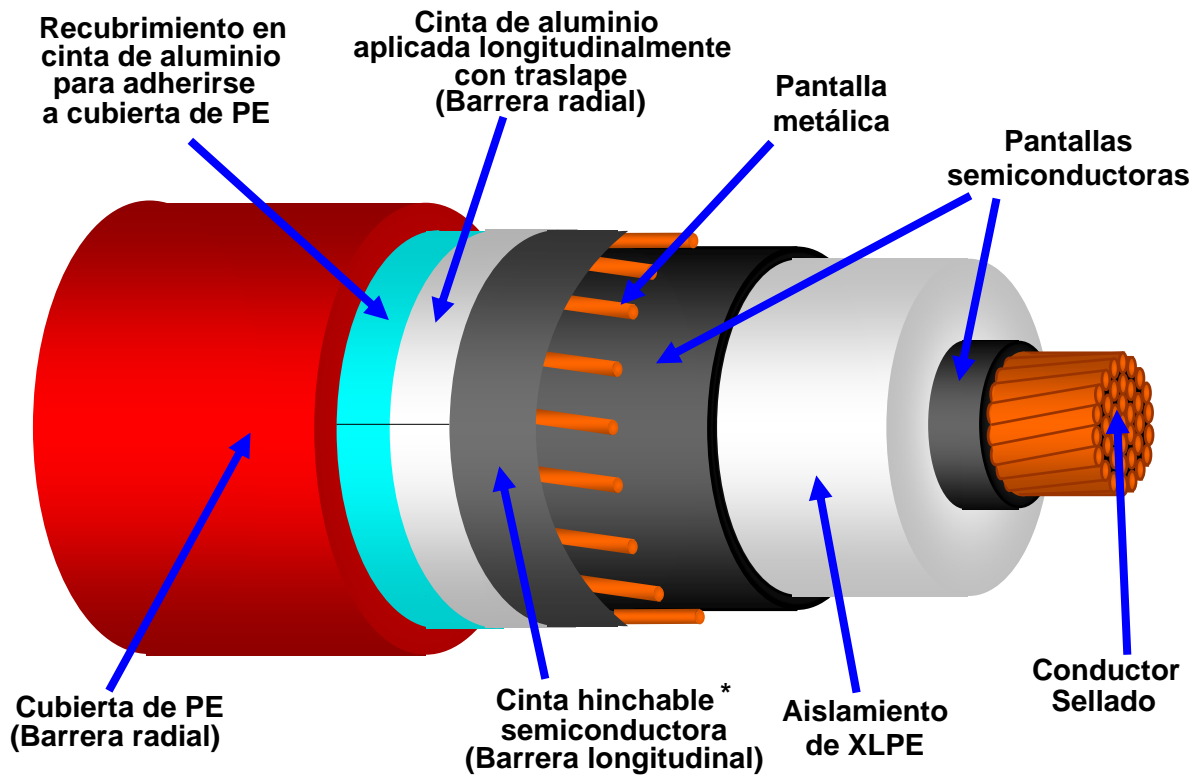
A diferencia de otras escalas, los calibres del "American Wire Gage" no se han escogido arbitrariamente, sino que están relacionados por una ley matemática. La escala se formó fijando dos diámetros y estableciendo una ley de progresión geométrica para diámetros intermedios. Los diámetros base seleccionados son 0.4600 pulgadas (calibre 4/0) y 0.0050 pulgadas (calibre 36), existiendo 39 dimensiones entre estos dos. Por lo tanto, la razón entre un diámetro cualquiera y el diámetro siguiente en la escala está dada por la expresión:





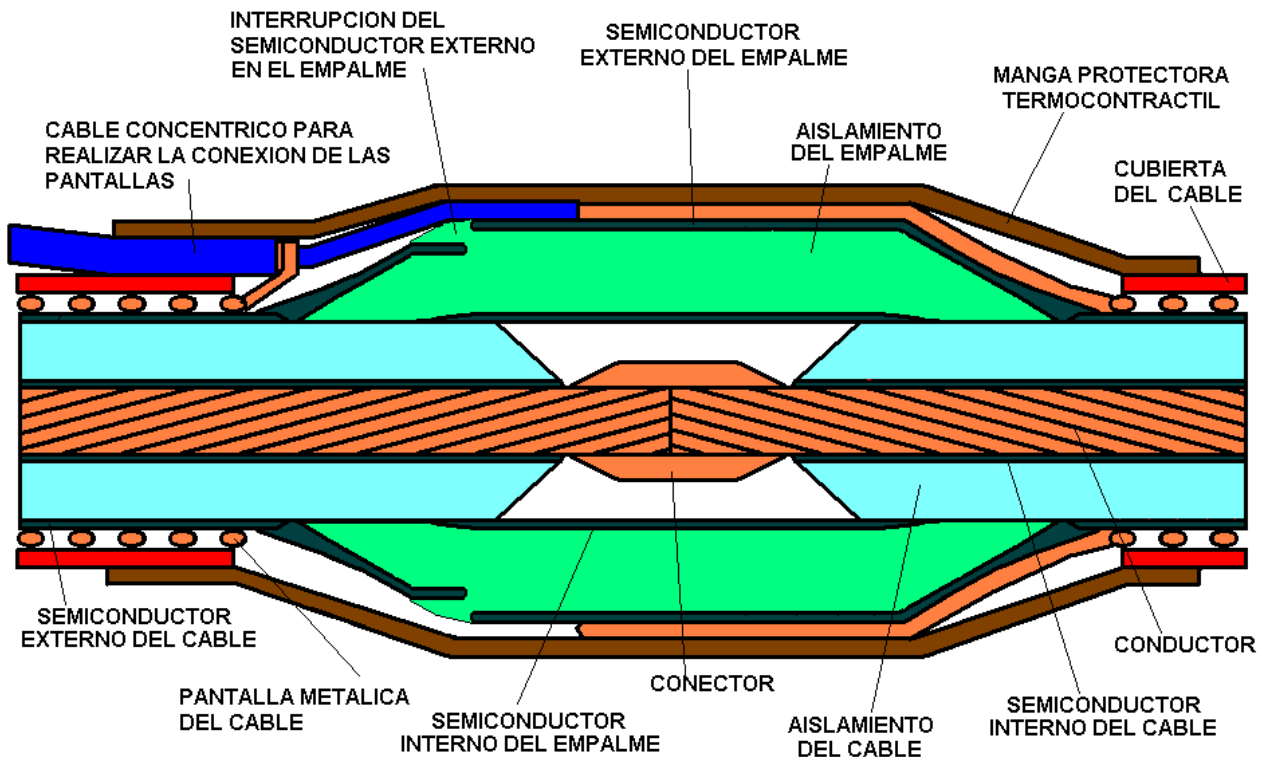


—	2/0	67.40	19	9.55	612.0
70	—	69.00	19	9.78	626.0
—	3/0	85.00	19	10.74	771.0
—	4/0	107.20	19	12.06	972.0
—	250	126.70	37	13.21	1,149.0
150	—	147.10	37	14.42	1,334.0
—	300	152.00	37	14.48	1,379.0
—	350	177.30	37	15.65	1,609.0
—	400	203.00	37	16.74	1,839.0
240	—	239.00	37	18.26	2,200.0
—	500	253.00	37	18.69	2,300.0
—	600	304.00	61	20.60	2,760.0
—	750	380.00	61	23.10	3,450.0
—	800	405.00	61	23.80	3,680.0
—	1,000	507.00	61	26.90	4,590.0



\* Estas cintas se hinchan al entrar en contacto con el agua formando un tapón.

### CORTE LONGITUDINAL DE UN EMPALME CON INTERRUPCION DE PANTALLA



**ALAMBRES Y CABLES DESNUDOS DE COBRE Y ALUMINIO.**

Alambres y cables de Cobre desnudo.

Alambres y cables de Aluminio desnudo tipo AAC.

Cables de aluminio con refuerzo de acero tipo ACSR

Cables de aluminio con refuerzo de acero tipo ACSR -AW.

**CABLES DE ENERGÍA PARA MEDIA Y ALTA TENSIÓN.**

Cable de energía Vulcalat XLP o Vulcalat EP de 5 a 35 kV.

Cable de energía tríplex Vulcalat XLP o Vulcalat EP de 5 a 35 kV.

Cable de energía Armalat trifásico XLP o EP de 5 y 15 kV.

Cable de energía Vulcalat XLP o Vulcalat EP tipo DS de 5 a 35 kV.

Cable de energía Vulcalat XLP o Vulcalat EP tipo DS de 69 y 115 kV.

Cable de energía Vulcalat XLP o EP tipo DRS de 15 a 35 kV.

Cable de energía Vulcalat XLP o Vulcalat EP con cubierta de plomo de 5 y 15 kV.

Cable de energía Vulcalat XLP tipo 23TC.

Cable de energía Vulcalat XLP para alumbrado de pistas de aeropuerto 5 kV.

Cable de energía semiaislado Ecolat para líneas aéreas de 15 a 35 kV.

Cable de energía con aislamiento de papel impregnado en aceite tipo 23 PT.

Cable trifásico con aislamiento de papel impregnado en aceite tipo 6 PT.

Los distintos conductores mas utilizados, en la distribución de energía eléctrica, son los siguientes:

- 2 ACSR
- 1/0 AAC
- 1/0 ACSR
- 266.8 ACSR
- 397.5 AAC

En las Lineas de Subtransmision los mas utilizados son:

- 266.8 KCM ACSR 26/7
- 477 KCM ACSR 26/7
- 795 KCM ACSR de 26/7
- 1113 KCM ACSR de 54/19

En las Líneas de transmisión las más utilizadas son:

- 795 KCM ACSR de 26/7
- 1113 KCM ACSR de 54/19

PERO EN CONDUCTORES MÚLTIPLES DE 2,3 O 4 CONDUCTORES

## SISTEMAS DE TRANSMISIÓN SUPERCONDUCTORES

Antes de discutir los cables superconductores, primero es necesario describir los cables convencionales.

### Conceptos de Diseño básico

Los cables de alto voltaje deben realizar dos funciones: (1) deben tener un conductor que puede llevar una corriente útil, y (2) deben aislar a cada conductor de los otros conductores de fase y tierra. Los cables de transmisión de potencia convencionales consisten de una estructura conductora rodeada por un sistema dieléctrico que sostiene la presión del dieléctrico y protege el cable del ambiente. El medio de presión es un fluido dieléctrico o gas de nitrógeno. El material del conductor es cuerdas de cobre o aluminio, dependiendo de las condiciones económicas en el momento de fabricación. El dieléctrico es papel impregnado de aceite secado al vacío o PPP. La estructura puede ser una cañería de acero conteniendo las tres fases, o capas de aluminio o plomo sobre cada fase. El último es conocido como un cable autónomo, bastante común en Europa pero no popular en los Estados Unidos.

Las pérdidas óhmicas ocurren en un conductor convencional (no superconductor) cuando el cable lleva la corriente. Las pérdidas de óhmicas también ocurren en los escudos del dieléctrico y el blindaje debido a las corrientes circulantes inducidas, las corrientes de remolino, e histéresis causadas por los campos magnéticos de AC creados por las corrientes en los tres conductores. Las pérdidas de Dieléctrica ocurren en el dieléctrico debido al voltaje aplicado. Estas pérdidas aparecen como el calor y causan que la temperatura del cable suba hasta que el la dispersión del ambiente equilibra el calor generado por las pérdidas. La degradación termal de la celulosa en el dieléctrico limita la temperatura a que el sistema puede operar y por eso los límites la capacidad de traslado de potencia del sistema.

## Diseño de Cables Superconductores

La motivación para un cable superconductor es reemplazar al conductor metálico con un superconductor que puede llevar una corriente más grande con el más baja perdida (or perdida ohmica cero en el caso de DC). El inconveniente es la necesidad de guardar frío el superconductor. Esto requiere un cauce para el flujo del cryogeno, más un una capa para el aislamiento. Afortunadamente, el conductor puede soportar una densidad de corriente muy grande, así poco material se necesita para el conductor. Esto deja el espacio para el cauce del cryogeno y la capa contenedora y permite a un cable superconductor ser comparable en tamaño a (o más pequeño que) un cable convencional. Esto es importante porque más de la mitad del costo de instalaciones subterráneas convencionales es la excavación de la trinchera para contener el sistema.

Hace décadas, el trabajo de desarrollo en los cables de LTSC consideró muchos conceptos del diseño alternativos algunos de los cuales eran verdaderamente raros. Todos los planes se manejaron por dos factores que no pueden aplicarse a los sistemas del cable basados en HTSC. Primero, el costo de la energía de refrigeración para los cables a temperaturas debajo de 10 K puso condiciones en la minimización de pérdidas. Los diseñadores de cables LTSC antiguos tenían que enfrentar el costo de refrigeración de helio, con una multa de casi 400 W por vatio de calor removido. Segundo, las capacidades del sistemas fueron colocados en altos niveles en anticipación al crecimiento continuado y economías de balanza (de los años 1965 y 1975). Esto requirió diseños de cables que no podrían usar conceptos del cable convencionales y materiales, debido a la necesidad de reducir pérdidas ohmicas y de dieléctrico al mínimo absoluto.

Los diseños de cable DC eran directos, porque hay cero pérdidas ohmicas y la dispersión del dieléctrico es insignificante. El problema de pérdida para los cables de DC era controlar la fuga en calor, los conceptos de DC tenían menos refrenamientos, y los trabajos para desarrollar cables LTSC de DC propusieron varios conceptos diferentes todos de los cuales eran hasta cierto punto viables.



## Superconductores.

Existe una nueva competencia muy fuerte a nivel mundial incluyendo a los países tercermundistas por crear el superconductor más barato, con resistencia cero capaz de trabajar a temperatura normal, actualmente existen algunos superconductores que trabajan a temperaturas bajo cero las cuales se ilustran para a continuación y son impracticables para las líneas aéreas pero siguen siendo muy costosas para las subterráneas.

1) Rígidos. El aislamiento y el conductor se fabrican con tubos rígidos. Una de las dificultades principales de este diseño es que la longitud máxima de manufactura transportable es de 20 metros aproximadamente, de lo que resulta un gran número de uniones. Se requieren, además, componentes corrugados para compensar las contracciones térmicas.

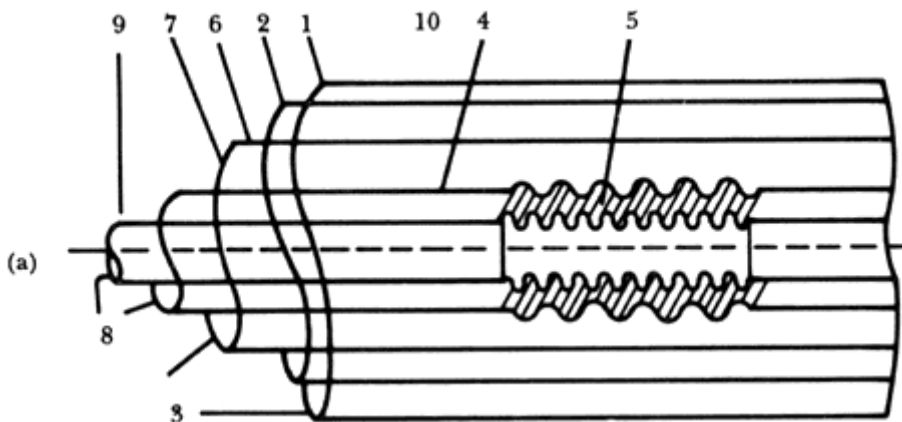


Figura 25. Tipo de cable superconductor llamado rígido. Sus componentes son los mismos que los mostrados en las figuras 26 y 27: 1) tubo de protección, 2) superaislamiento, 3) vacío, 4) espaciadores, 5) fuelles, 6) nitrógeno líquido, 7) escudo frío, 8) helio líquido, 9) superconductor, 10) aislamiento eléctrico, 11) escudo frío, 12) retorno de helio, 13) tubo de helio y 14) soporte.

2) Semiflexibles. En este caso también el sistema de aislamiento térmico consta de tubos rígidos con componentes corrugados para compensar las contracciones térmicas. Sin embargo, el conductor es flexible y puede consistir de un tubo corrugado, o de alambres doblados en forma helicoidal sobre un soporte cilíndrico hueco. Estos cables superconductores pueden fabricarse en longitudes de 200 a 500 metros y ser transportados en tambores.

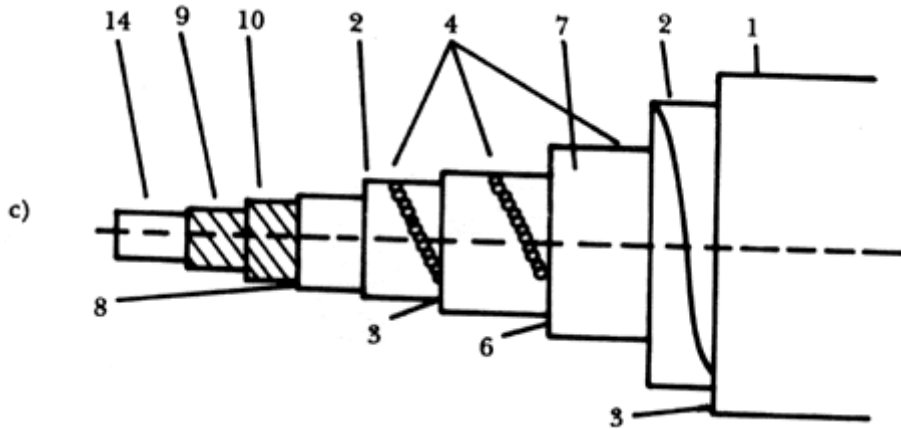


Figura 26. Cable superconductor del tipo semiflexible. Los componentes a que se refieren los números son los mismos que los de la figura 25.

3) Completamente flexibles. En este tipo de cable el aislamiento térmico también es flexible. El cable está construido con tubos corrugados, de manera que no hay problemas con respecto al transporte o a las contracciones térmicas. El conductor puede ser, otra vez, un tubo corrugado o alambre doblado en forma helicoidal.

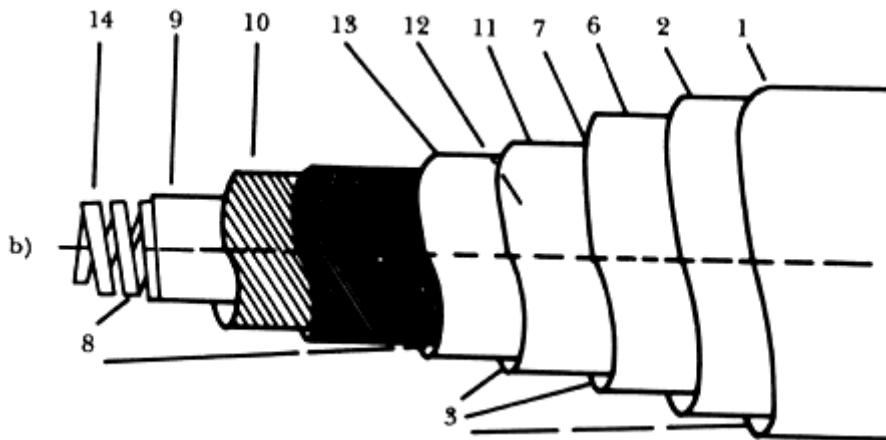


Figura 27. Cable superconductor del tipo completamente flexible. Sus componentes son los mismos que los de la figura 25.

En los tipos de cable rígido y semiflexible todos los conductores pueden acomodarse en una envoltura térmica rígida común, lo que tiene un efecto para evitar pérdidas térmicas.

Estos cables han sido utilizados hasta ahora, principalmente, para la construcción de electroimanes de gran intensidad de campo y en pocos casos para líneas de transmisión.

Es necesario mencionar que la tecnología de fabricación varía dependiendo de si el cable va a transportar corriente directa o corriente alterna. La diferencia se refiere a la disposición de los superconductores dentro del cable. Sin embargo, el esquema general permanece prácticamente sin cambio. Los materiales más utilizados hasta este momento siguen siendo Nb<sub>3</sub>Sn y NbTi.

Hay que mencionar que las cualidades mecánicas de los nuevos materiales superconductores cerámicos para la fabricación de alambres son muy pobres. Sin embargo, se está trabajando febrilmente en desarrollar una tecnología que permita hacer alambres con los nuevos materiales superconductores cerámicos; ya se están comercializando algunas pequeñas bobinas para diferentes usos, especialmente en las fábricas de componentes electrónicos muy pequeños (de los llamados microchips).



**Figura 28. Fotografía que muestra un cable superconductor del tipo completamente flexible.**

Actualmente las mas baratas son las que se presentaron anterior mente y las que describiremos en el siguiente tema.

Nota: El alumno al termino de este tema debera de leer sobre superconductores y realizar una composición compuesta por 10 paginas dentro de los cuales debera de leer el libro de Superconductores de LUIS FERNANDO MAGAÑA SOLÍS editado el 28 de Febrero de 1997 en Mexico, D.F.

### Elementos principales en una linea aerea de transmision.

➤ *Aisladores*

*Vidrio-porcelana.*

*Hule sintetico.*

➤ *Postes. De madera, Cemento, Acero*

➤ *Seccionadores.*

*Cuchillas e interruptores.*

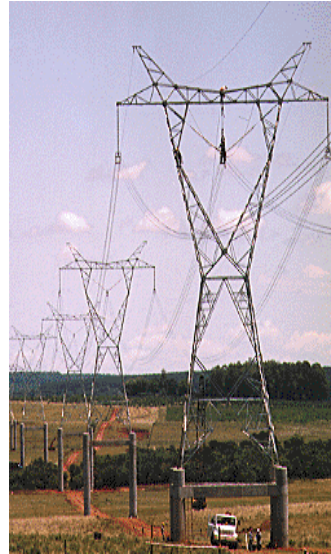
➤ *Conductores.*

➤ *Banco de capacitores.*

➤ *Apartarrayos.* Son equipos eléctricos drenar a tierra los sobre voltajes producidos climáticos o fallas en el sistema.

➤ **PARARRAYOS**

➤ **HILOS DE GUARDA:** Es el elemento superior de los postes y estructuras que sirven de referencia a tierra o arriba de los conductores de transmisión de energía.



diseñados para por medios

que va en la parte para subir al punto

### Elementos principales en una linea subterranea de transmision.

➤ **REGISTROS Y DUCTOS OBRAS CIVILES:** Son elementos fundamentales en la construcción de líneas subterráneas, las cuales constan y se realizan en la etapa de obra civil. Los registros están formados por completo de acero en caso de los ductos se pueden utilizar 2 tipos:

➤ **Tubo de PVC de alta densidad,** puede ir directamente enterrado sin necesidad de enterrarlo en concreto.

➤ **Ductos de PVC conduit,** este tipo de ductos se requiere ser enterrado en concreto por que mecánicamente es flexible.

➤ **SOPORTES NO METALICOS**

➤ **TIERRAS:** Estas están compuestas por un cable longitudinal y continuo principalmente de cobre desde su inicio en la línea, hasta su terminación y que sirve para igualar las diferencias equipotenciales de los campos eléctricos, así como por el apoyo de la varilla de tierra y sus conductores ayudan a drenar cualquier falla que se llegue a presentar en los cables de potencia.

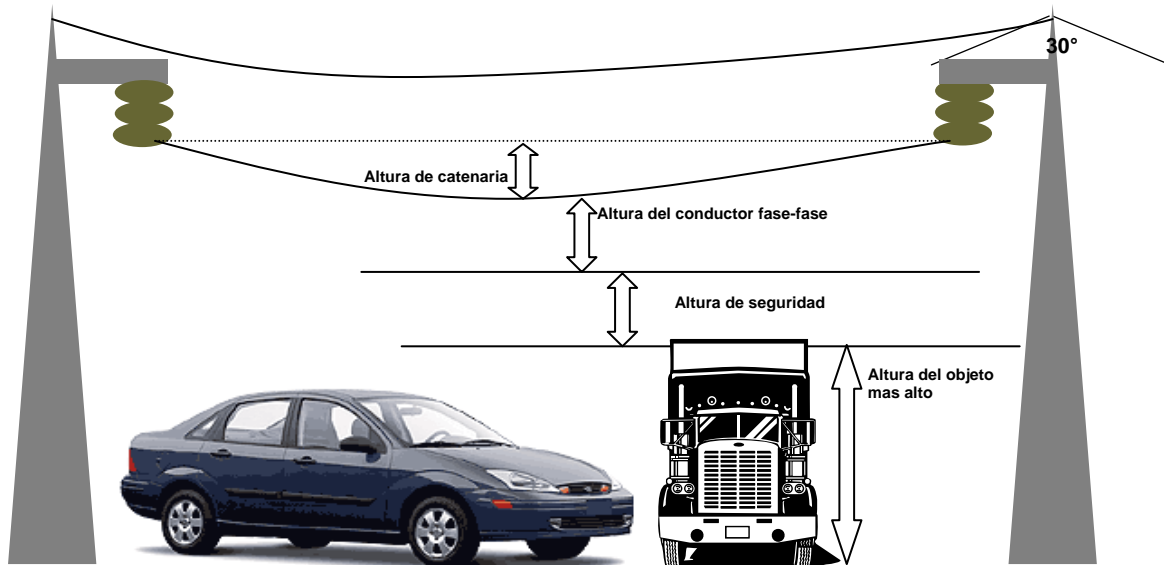
➤ *Empalmes.*

➤ *Terminals.*

➤ *Cables.*

## SELECCIÓN DE UN POSTE.

### SELECCIÓN DE CONDUCTORES.



Entre 5% y 10 % de profundidad para el poste (depende de lo alto, el tipo de tierra etc.).

- 1.- Que tensión va a llevar una línea.
- 2.- Clima de la zona.
- 3.- Nivel del voltaje (altura).
- 4.- Altura deseada.
- 5.- Altura del objeto mas alto.

## Amortiguadores espaciadores

### Recomendaciones generales

Los amortiguadores espaciadores se recomiendan para mazos multiconductores con el espaciamiento normalizado industrial. El amortiguador está diseñado para soportar las fuerzas y los movimientos ocasionados por condiciones transitorias tales como cortos circuitos, congelación diferencial y carga de vientos, sin causar daño a los subconductores o daño sostenido a estos mismos. El diseño acomoda movimientos longitudinales de los subconductores, diferencias de tendido vertical asi como fuerzas compresivas y tensoras.

para las longitudes de subvano que constituye un sistema que reemplaza a los espaciadores y amortiguadores convensionales. Los amortiguadores espaciadores controlarán tanto la vibración aeólica como la oscilación de los subconductores a niveles que se reconoce son aceptables para la industria y para las necesidades expresas del cliente. [Corona y Voltajes de radio interferencia \(RIV\)](#)

Los amortiguadores espaciadores están diseñados para proporcionar un rendimiento satisfactorio al voltaje de operación de las líneas de transmisión.

### Amortiguación

Los amortiguadores espaciadores pueden soportar el movimiento torsional del brazo hasta más o menos 13 grados; el movimiento cónico en más o menos 8 grados y el movimiento longitudinal de más o menos 1 y media pulgada. Estos movimientos son posibles debido a las propiedades de los elementos elastoméricos amortiguadores. Hay dos por brazo, uno a cada lado. Están compuestos especialmente para proporcionar una larga vida bajo condiciones de presencia de ozono, luz ultravioleta, extremas temperaturas y movimiento continuo de los conductores.



### Amortiguadores de horquilla

#### Recomendaciones generales

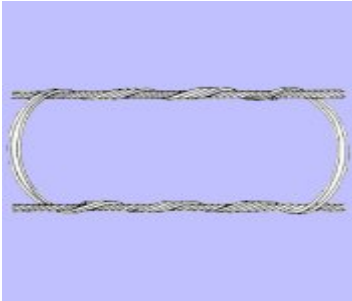
El espaciadores de horquilla están recomendados para los mazos de conductores gemelos horizontales. Para mazos de tres o de cuatro conductores se recomienda usar amortiguadores espaciadores. Los espaciadores de horquilla proporcionan un espaciamiento uniforme, características eléctricas consistentes, tienen un efecto atenuador en los movimientos inducidos por el viento tales como la vibración aeólica y la oscilación de los subconductores. Previene que los subconductores se enreden por efectos galopantes, cargas de hielo y corrientes de falla.

Los espaciadores de horquilla están diseñados para no presentar el efecto corona a voltajes de operación hasta de 500 y 750 KV. .

#### Ubicación

El movimiento de conductores es amplia y variada y la ubicación del espaciador se ha convertido mas en una ciencia a partir de lo artístico que era antes. Para la protección contra fuerzas puramente electromecánicas debido a corto circuitos, las longitudes de separación debe limitarse a 83 metros (250 pies). Sin embargo, dependiendo de varios factores críticos relativos

a las tensiones, al terreno, a los criterios de velocidad y dirección del viento, la recomendación para la ubicación de cada espaciador de horquilla requerirá un cierto grado de asimetría dependiente de la instalación específica usando la información manifestada por el usuario. ingeniería.



## Amortiguadores hueso de perro

### Materiales

### Recomendaciones generales

Los amortiguadores hueso de perro (dogbone) están diseñados para eliminar el daño por fatiga del conductor y los costos de mantenimiento de línea al disminuir efectivamente la vibración aeólica, por lo que se admite aumentar las tensiones de línea. El cable mensajero y la forma única de hueso de perro de las masas están diseñados para obtener una disipación óptima de energía para un movimiento mínimo de la abrazadera. Los pesos del cable mensajero y del hueso de perro están acoplados para proporcionar modos resonantes adicionales y una respuesta en frecuencia más ampliamente efectiva. La impedancia mecánica del amortiguador está hecha para coincidir con el conductor y optimizar el rendimiento. Las masas desbalanceadas de la forma del hueso de perro introduce un modo de vibración torsional amortiguando que no se presenta en los amortiguadores convencionales del tipo Stockbridge.

El rango de los amortiguadores de vibración hueso de perro es un desarrollo que resulta de nuestras amplias experiencia e investigación en el campo del control de vibraciones en conductores. El concepto del hueso de perro está basado en los principios demostrados del amortiguador Stockbridge pero presenta mejoras que aumentan tanto la disipación de potencia como el rango de respuesta en frecuencia.

Los amortiguadores hueso de perro están diseñados para no presentar corona a ningún voltaje de operación.





## Amortiguadores espirales de vibración

### Identificación

Cada unidad está o bien marcada indeleblemente en toda su longitud con el número de catalogo y el rango de diámetros de conductores o bien codificada con color en su extremo.

### Secciones de compresión y amortiguación

La hélice más pequeña está diseñada para sujetarse por compresión al conductor. La hélice mayor está diseñada para la amortiguación.

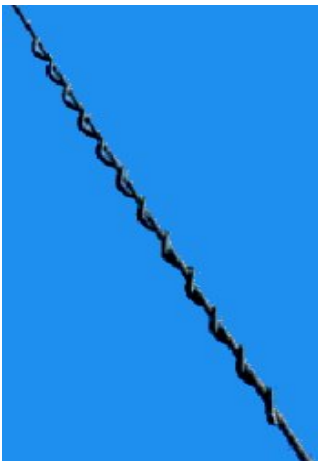
### Teoría de operación

Para proporcionar el movimiento de acción y reacción que se opone a la vibración natural de un conductor, la sección de amortiguación del amortiguador espiral de vibración está dimensionada helicoidalmente para proporcionar la interacción mecánica entre el amortiguador y el conductor.

### Recomendaciones generales

El amortiguador espiral de vibraciones se considera como el método más efectivo para reducir la vibración aeólica de alta frecuencia en el conductor y la estática en tamaños inferiores a 3/4" de diámetro.

Las siguientes recomendaciones se deben adoptar a las condiciones específicas. Se les debe dar especial consideración a los amortiguadores espirales de vibración cuando las distancias excedan 100 metros o 350 pies o a una tensión del 15% a 15 °C (60 °F). Los amortiguadores espirales de vibración se deben emplear en conductores entre 0.174 y 0.760 pulgadas de diámetro externo. Estas dimensiones de conductor están normalmente asociadas con aisladores de fijación superior y construcciones rurales.



### Instalación



Se recomienda instalar un amortiguador espiral de vibración en ambos lados del punto de apoyo a aproximadamente una distancia igual al ancho de la mano desde los extremos de las varillas de armadura de los accesorios.

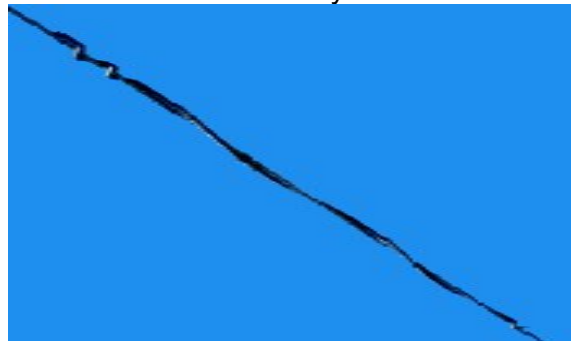
### Cables blindados aéreos

Los amortiguadores espirales de vibración son excepcionalmente efectivos contra la vibración aéolica de alta frecuencia de cables con blindaje EHS o Alumoweld. En casos especiales se recomienda algunas veces que una combinación con amortiguadores hueso de perro en un extremo con cuando menos un amortiguador espiral de vibración en el otro extremo para reducir adecuadamente amplitudes de vibración a toda frecuencia hasta niveles aceptables.

### Gallop Master

#### Recomendaciones generales

La unidad Master Gallop se caracteriza por una sección de perturbaciones y una sección de compresión. La sección de perturbaciones es lo suficientemente larga como para permitir una sencilla instalación aunque manteniendo un estrecho contacto con el conductor. Las unidades están dimensionadas para acoplar el diámetro total de los conductores en cada instalación. La unidad Gallop Master es fácil de instalar. Sólo deslice la sección de perturbaciones sobre el conductor, deslice la unidad a su posición deseada y envuelva la sección de compresión sobre el conductor. El dispositivo se acopla firmemente sobre el conductor y debe colocarse en ciertas



ubicaciones definitivas a lo largo del trayecto.

### Boyas marcadoras Spanguard

#### Mejor retención de color



Las marcadoras de línea de potencia SpanGuard son las mejores del mercado. Cada marcadora se construye de ABS rovel, un material que tiene 10 veces la capacidad ambiental y la retención de color que la fibra de vidrio. El ABS Rovel es mucho mas durable y a diferencia de la fibra de vidrio no se fractura si se le impacta con tiros de armas de fuego. Las marcadoras SpanGuard están disponibles en tres colores: Naranja, blanco y amarillo.

#### Diseño de concha de almeja

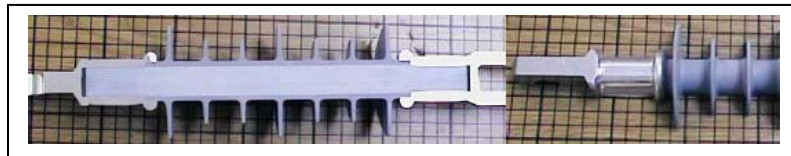
El nuevo diseño de concha de almeja SpanGuard y Helimark facilita la instalación de las marcadoras de línea desde helicópteros, cubos o sillas de suspensión. Primero, el accesorio de sujeción se pivotea en el marcador, con el dispositivo heliformado hacia afuera del marcador en vez de estar dentro. Esto posibilita al instalador para que casi completamente el ensamble de la marcadora se realice en tierra. Se instalan los pernos en la cara lejana de la marcadora antes de que vaya al aire. Esto permite que solo los tres pernos restantes mas cercanos al instalador se fijen en el aire.

### Recomendaciones generales

Se recomienda utilizar marcadoras de 36" en altos cruces peligrosos de los rios. Se permiten marcadores menores, de 20", en líneas de energía menos extensas o en líneas en la proximidad de aeropuertos a menos de 16 metros (50 pies). Cada marcadora deberá presentar un color sólido: naranja, blanco o amarillo con colores alternados.

### Revestimiento VEA

Las marcadoras de línea SpanGuard normales sin tratamiento con revestimiento para VEA (voltajes extremadamente altos) se han utilizado muy exitosamente al montarse en líneas hasta de 200 KV o cuando se han montado en cable de tierra estático en sistemas de alto voltaje. Las pruebas han arrojado que por arriba de los 220 KV se inicia el efecto corona desarrollandose en los bordes y bridas afiladas. Por lo tanto, se desarrollaron las bridas de 24 y 36 pulgadas sin revestimiento VEA y con un revestimiento superficial interno carente de corona. El revestimiento VEA se recomienda para todas las instalaciones en las que la marcadora se monte en una línea por arriba de 200 KV. Los modelos VEA han sido instalados exitosamente en 500 KV.



## Aislamiento en líneas de transmisión aéreas.

### I. INTRODUCCIÓN.

Los sistemas de aislamiento en líneas de transmisión comprenden principalmente dos elementos: el aire y los elementos aisladores. Al ubicarse las líneas de transmisión al aire libre y cubrir, en muchos casos, cientos de kilómetros se hace necesario considerar diversos factores para un buen desempeño del aislamiento. Estos factores deben tomar en cuenta los espaciamientos mínimos línea-estructura, línea-tierra y entre fases, el grado de contaminación del entorno, la cantidad de elementos aisladores a considerar y la correcta selección de estos. En este artículo se hace una revisión de las características dieléctricas del aire, tipos de aisladores y los ensayos a los que deben someterse estos.

### II. EL AIRE EN EL AISLAMIENTO DE LÍNEAS.

El aire es sin lugar a dudas el más usado de los aislantes para líneas de transmisión de energía. Los factores que pueden influir a la rigidez dieléctrica del aire son:

- Densidad del aire.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Humedad y presencia de partículas contaminantes.

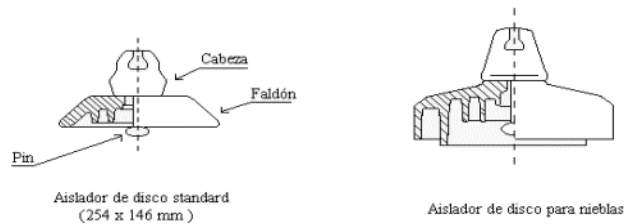
Este último factor adquiere gran importancia en el diseño y manutención de los elementos aisladores.

### III. AISLADORES DE LÍNEA.

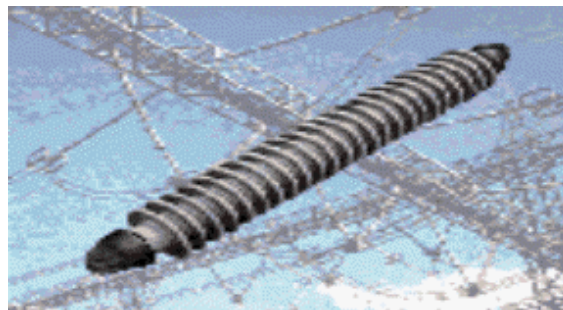
En las líneas de transmisión se distinguen básicamente tres tipos de aisladores:

- Suspensión.
- Barra larga.
- Poste.

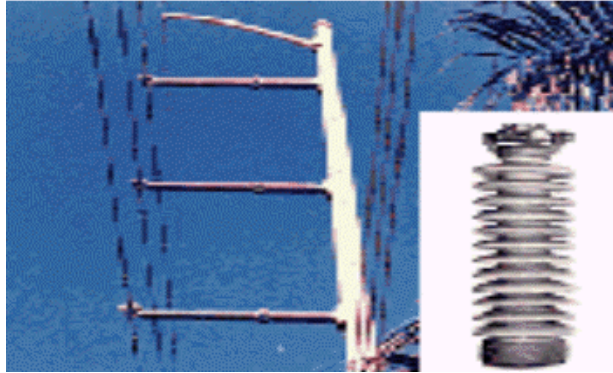
Los aisladores de suspensión o disco, son los más empleados en las líneas de transmisión, se fabrican de vidrio o porcelana uniéndose varios elementos para conformar cadenas de aisladores de acuerdo al nivel de tensión de la línea y el grado de contaminación del entorno. En esta figura se aprecian los principales tipos de aisladores de suspensión.



Los aisladores de barra larga comenzaron a desarrollarse hace 30 años. Constituyen elementos de una sola pieza y se fabrican de porcelana o de materiales sintéticos (composite insulators). Estos aisladores requieren menos manutención que los del tipo disco, no obstante su costo es más elevado. En esta figura se aprecia un aislador de barra larga sintético.



Los aisladores de tipo poste se fabrican con porcelana o materiales sintéticos. Se utilizan poco en líneas de transmisión y para tensiones por sobre 230 kV. Su principal aplicación está en aparatos de subestaciones. En la figura 3 se tiene un aislador de tipo poste.



Desde el punto de vista de condiciones ambientales los aisladores se fabrican de dos tipos:

- Normales.
- Para ambiente contaminante (tipo niebla).

Por su construcción los aisladores pueden ser:

- Tipo alfiler.
- Tipo suspensión.

Los aisladores de porcelana vidriada por lo general contienen un 50% de caolín, 25% de feldspatos y 25% de cuarzo, la porcelana debe ser moldeada por los procedimientos en húmedo, homogénea, compacta sin porosidad y toda la superficie después de armado debe ser verificada

#### **IV. PRUEBAS**

clasificarse de la siguiente manera:

- Pruebas eléctricas de fabricación
- Pruebas de aisladores simulando condiciones ambientales y de polución
- Pruebas de campo.
- Pruebas mecánicas.

a) Pruebas eléctricas de fabricación

Estos ensayos incluyen las pruebas para determinar las tensiones disruptivas en aisladores a frecuencia industrial y ante impulso. Estas pruebas se describen con detalle en la norma ANSI C 29.1-1982.

Otro ensayo realizado en el proceso de fabricación de aisladores es la detección de descargas parciales, sean estas descargas externas e internas. Para la primera se emplea el método de detección visual de corona y para las descargas internas se aplica la técnica de la radio interferencia.

b) Pruebas de aisladores simulando condiciones ambientales y de polución.

Estos ensayos se llevan a cabo en cámaras especiales y simulan las distintas condiciones a las que se vería sometido un aislador a la intemperie. Los ensayos más empleados son:

Prueba de la lluvia artificial.

Método de la neblina normal.

Método de la neblina salada.

Últimamente han surgido nuevos ensayos desarrollados por la STRI (Swedish Transmission Research Institute) y que pretenden simular de manera más fidedigna las condiciones de polución a las que se sometería el aislador en la realidad. entre estos métodos destacan:

Método de la capa de sal seca.

Método del ciclo de polvo.

El primer método constituye un ensayo que permite simular, de manera más real que la técnica de la neblina salada, el aire marino propio de las zonas costeras. Por su parte, el método del ciclo de polvo fue desarrollado con el fin de habilitar una técnica que simule distintas condiciones ambientales de contaminación para aisladores cerámicos y sintéticos por medio de un solo método.

c) Pruebas de campo.

Estos ensayos se realizan en el mismo lugar donde se ubica el aislador o cadena de aisladores a probar, por lo general se llevan a cabo en línea viva, vale decir sin necesidad de desenergizar la línea de transmisión a la cual pertenecen estos elementos. los ensayos de campo de aisladores incluyen a los siguientes:

Monitoreo de la corriente de fuga a través de la superficie del aislador.

Detección de fallas mediante métodos acústicos.

Detección de fallas mediante medición y registro de campo eléctrico.

El objetivo principal de estas pruebas es detectar aisladores defectuosos o dañados en servicio y prevenir eventuales fallas en estos mediante un control periódico.

d) Pruebas mecánicas.

Las pruebas mecánicas a las que se someten los aisladores tienen el objetivo de determinar si el elemento tendrá la suficiente resistencia mecánica en el sostenimiento del peso de la línea de transmisión, viento, lluvia, nieve y acciones vandálicas.

### EQUIPOS PARA ALTA TENSIÓN

#### Herrajes



#### **CLEMA REMATE RECTA DE ALUMINIO Y HIERRO MALEABLE**

sadas en líneas de distribución.  
Para cables de aluminio  
AAC,ACR  
y cable de cobre



#### **CLEMA SUSPENSION DE ALUMINIO Y HIERRO DUCTIL**

Usadas en líneas aéreas de distribución y  
transmisión.  
Para cables de aluminio AAC,ACR  
y cable de cobre.



#### **CLEMA REMATE DE ALUMINIO**

sadas en líneas de  
distribución.  
Para cables de  
aluminio  
AAC,ACR.



#### **CLEMA REMATE DE LUMINIO Y HIERRO MALEABLE**

sadas en líneas aéreas de  
istribución y transmisión.  
Para cables de aluminio  
AAC,ACR  
y cable de cobre.


**EMPALME DE COMPRESION**

Con manguito exterior de aluminio y manguito interior de acero cadminizado.  
Usados para líneas de transmisión.  
ara unir dos cables de aluminio ACSR

**DERIVADOR DE COMPRESION DE ALUMINIO TIPO AC-500 (DURA SQUEEZE)**

Utilizados en conexiones de derivación paralela de conductores aluminio-aluminio, aluminio-cobre ó cobre-aluminio en líneas aéreas de distribución.

**Herrajes para Lineas de Transmisión**



Varios rangos de voltaje y resistencia mecánica

**Cadena de Suspensión**



Para remate de cable de guarda.

**Cadenas de Anclaje**



Fabricados en aluminio de alta resistencia para conductores de aluminio.

**Clemas y Grapas de Suspensión**



Varios rangos de voltaje y resistencia mecánica.

**Cadenas de Anclaje**



## ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA CADENA

Están constituidos por los aisladores y herrajes. Los aisladores deberán ser de vidrio o de otro material cerámico, del tipo caperuza y vástago.

Los herrajes utilizados son:

- Horquilla bola
- Grillete.
- Anilla bola normal y de protección.
- Rótula normal y de protección.



- Grapa de suspensión.
- Varilla proferida para protección.

Los materiales férricos estarán galvanizados al fuego. Todas las partes roscadas de las tuercas se engrasarán para evitar oxidaciones.

**Horquilla bola.-** Se designará con las siglas HB, seguidas de las cifras 11 ó 16, según sea el tipo de enlace entre el vástago y la caperuza. Dispondrá de un pasador de seguridad adecuado para garantizar la fijación de la tuerca.

**Grillete.-** Se designará con las siglas GN. Cuando se desee dar mayor longitud a la cadena , en vez de la horquilla bola, se utilizará el grillete normal y la anilla bola. Dispondrá de una arandela y un pasador de seguridad adecuados para impedir la salida del burlón.

**Anilla bola normal y de protección.-** Se designará con las letras AB, seguidas de las cifras 11 ó 16, según sea el tipo de enlace entre el vástago y la caperuza. Para designar la de protección, cuyo vástago estará preparado para colocar el dispositivo de protección (descargador), se le agregará la sigla P.

**Rótula normal y de protección.-** La normal se designará con las siglas R, seguidas de las cifras 11 ó 16. Se añadirá la sigla A, cuando la patilla inferior tenga espesor superior al normal, para evitar holgura entre esta y las grapas de suspensión GS3 y GS4.

La rótula de protección se designará como la normal, pero añadiendo la sigla P. Se dispondrá un elemento de enclavamiento para evitar el descenso del tetón dentro del alojamiento de la rótula y evitar la salida del vástago. Tal dispositivo de enclavamiento estará formado por el pasador .

**Grapa de suspensión.-** Se designará con las siglas GS, seguidas de una cifra indicativa de un número de orden (GS1, GS2, GS3,GS4). Las grapas dispondrán de una arandela y un pasador de seguridad para impedir la salida del bulón.

**Grapas de amarre.-** Se designarán con las siglas GA, seguidas de una cifra indicativa de un número de orden (GA1, GA2, GA3). Las grapas dispondrán de una arandela y un pasador de seguridad, para impedir la salida del bulón.

## PRODUCTOS

### Cortacircuito de simple expulsión tipo XS

El cortacircuito de simple expulsión tipo XS es un equipo empleado para protección de líneas y aparatos en sistemas de distribución eléctrica aérea.

### Cortacircuitos de potencia

Estos cortacircuitos utilizan unidades fusibles altamente confiables por su calibración en fábrica y respuesta efectiva al liberar fallas de circuitos de alta capacidad interruptiva y tensiones de recuperación de potencia.



**Equipo para desconexión de circuitos**

La cuchilla para desconexión de circuitos, monofásica o trifásica, se utiliza sin carga para desconexión en alimentadores desenergizados, únicamente con corrientes magnetizantes o con ayuda del interruptor portátil Loadbuster.

**Cortacircuito con fusible limitador de corriente, de potencia electrónico y de potencia SM**

Estos tres cortacircuitos proporcionan la mejor solución en la protección de cargas importantes, donde la intensidad de corriente es alta, la coordinación de protección es básica y el tiempo de interrupción debe reducirse a menos de 1/2 ciclo. Además, su diseño permite expulsar los gases de manera controlada.

## TIPOS DE ESTRUCTURAS UTILIZADOS EN LAS LINEA DE DISTRIBUCION

Los siguientes, son algunos de los distintos tipos de estructuras que se utilizan, en el área de distribución eléctrica:

- *Estructura de paso:* se utiliza en redes y líneas de distribución urbanas y rurales. En el área urbana el tramo interpostal será de 40 metros con el aislador del centro, invariablemente del lado de la calle. En el área rural, el tramo interpostal será hasta 100 metros máximo con la fase del centro en zig-zag.
- *Estructura de paso doble:* Esta estructura se utilizara cuando la línea primaria sufra un cambio de dirección de hasta 15°, ocasionados por la geografía de la urbanización. Las consideraciones de la fase del centro y distancias interpostales, son las mismas que las de las estructuras de paso.
- *Estructura semi-volada:* Esta estructura se utilizara en la construcción de redes de distribución, en donde la urbanización presente la banqueteta entre 1 y 1.50 metros de ancho. El claro interpostal será de 40 metros.
- *Estructura de paso con cruceta volada:* Esta estructura se utiliza en la construcción de redes de distribución, cuando la urbanización presenta banquetetas menores a un metro. El tramo interpostal será de 40 metros.
- *Estructura de paso doble cruceta semi-volada:* Esta estructura se utiliza cuando la línea sufra un cambio de 15°, motivado por la geografía del lugar y en áreas urbanas con banquetetas de hasta 1.50 mts de ancho.
- *Estructura de paso volada con doble cruceta:* : Esta estructura se utiliza cuando la línea sufra un cambio de 15°, motivado por la geografía del lugar y en áreas urbanas con banquetetas menores a un metro, con tramos interpostales de 40 mts.

- *Estructura de 2 niveles de remate:* Para cambios de dirección mayores a 15°, motivados por la geografía del lugar o diseño de la red eléctrica. Los tramos interpostales se ajustarán si es un área urbana o rural.
- *Corte intermedio:* Se utilizará cuando existan diferencias en los calibres o materiales de conductor o para futuras instalación de equipo de seccionalización o protección, o cuando la línea sufra una desviación mayor a 15° por diseño de proyecto o geografía de la urbanización.
- *Estructura de remate sencillo:* Se utiliza en el inicio o en el término de una red o línea de distribución.
- *Puentes secundarios dobles:* Conectará eléctricamente cruce de línea primaria con conectores de compresión. La separación entre ambas líneas deberá de ser de 3 pies mínimo y 5 pies máximo. El cruce deberá estar lo más próximo a los postes esquineros, lo que deberán de tener la misma distancia con respecto a la conexión de los puentes.
- *Amarre para línea primaria:* Soportar mecánicamente al conductor en los asientos de los aisladores tipo alfiler, para evitar su desplazamiento.

Existen unos elementos muy importantes en la instalación de las posteras de líneas, estas son las retenidas, cuya función es mantener el equilibrio en un poste, evitando así la deflexión que se pudiese presentar debido a la tensión que ejercen los conductores sobre la postera.

Algunos ejemplos de retenidas son los siguientes:

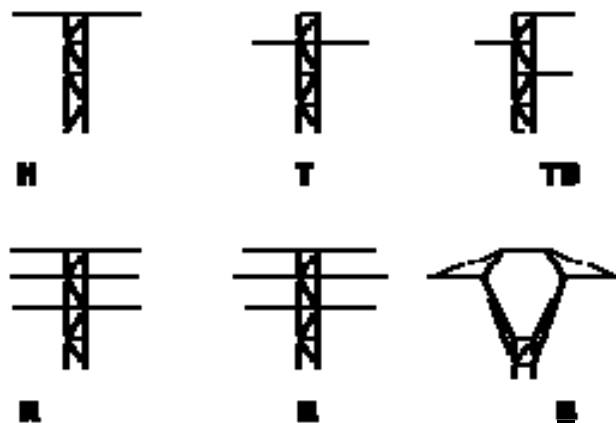
- *Retenida para línea aérea primaria:* Se utilizara en el inicio o término de una línea de distribución primaria, con el propósito de soportar la tensión de los conductores primarios.
- *Retenida alta para línea primaria:* Se utilizara en el inicio o término de una línea primaria en área urbana, en donde la instalación de una retenida normal obstruirá el acceso a cocheras o el paso a vehículos, si se tratase de un poste instalado en el término de la esquina. La altura mínima del cable de retenida al suelo deberá ser de 4.50 mts.
- *Retenida para línea primaria y secundaria:* Se utiliza en el inicio o término donde coincidan 2 circuitos primario y secundario, de una red de distribución.
- *Retenida lata para línea primaria y secundaria:* Se utiliza en el inicio o término de 2 circuitos primario y secundario, en áreas urbanas para librar cocheras o el arroyo de alguna calle. La altura mínima del cable de retenida al suelo deberá ser de 4.50 mts.

## **CONFIGURACIONES DE LOS APOYOS PARA LÍNEAS AEREAS.**

Para la configuraciones de los apoyos, resulta de suma importancia la separaciones mínimas entre los conductores y entre estos y el apoyo. También se debe de tener en cuenta distintos factores, tales como las condiciones del terreno, condiciones geográficas locales, etc.

Las líneas aéreas se instalan con uno o con dos conductores por fase, lo que obliga al montaje de una o más crucetas, dando lugar a distintas configuraciones de apoyos. Algunas configuraciones típicas de los apoyos son las siguientes:

- H.- Configuración en horizontal de los conductores. Simple circuito Fig.- 3 a.
- T.- Configuración en T de los conductores. Simple circuito Fig.- 3 b.
- TB.- Configuración en tresbolillo . Simple circuito Fig.-3 c.
- E.- Configuración en hexágono. Doble circuito Fig.- 3 d.
- R.- Configuración rectangular. Doble circuito Fig.- 3 e.
- B.- Configuración en bóveda. Simple circuito Fig.- 3f.



### ESFUERZOS E HIPOTESIS EN LOS APOYOS.

Un apoyo queda definido además de su altura total, altura libre, profundidad de empotramiento, ancho de hormigón, ancho base inferior y peso del apoyo

### 3. RESISTENCIA Y EFECTO SUPERFICIAL.

Las propiedades de los materiales tambien son utilizadas para seleccionar el cobre es utilizado en ambientes altamente corrosivos, ya que sus propiedades se prestan para este tipo de el tipo de conductor segun las necesidades de la instalacion. Por ejemplo ambientes.

- CUALIDAD ELECTRICA
  - CUALIDAD MECANICA
  - RESISTENCIA ATAQUES QUÍMICOS
- Al ↓
- Cu ↑

#### A. Determinacion de la resistencia por material.

$$Resistencia = \frac{Perdida\ por\ potencia}{I_{EFICAZ}^2\ Efectiva}$$

$$R_{CC} = \rho / A$$

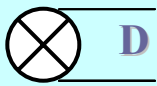
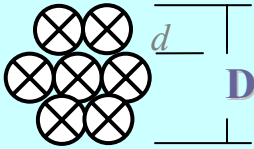
$R_{CC}$  = resistencia de corriente continua.

$\rho$  = resistividad del conductor.

$l$  = longitud del conductor.

$A$  = area del conductor.

Tabla. Areas para las diferentes secciones.

<i>Forma de la seccion</i>	<i>Area de la seccion</i>	<i>Area nominal.</i>
	$A = (\pi D^2 / 4)$	$A = (\pi D^2 / 4)$
	$A = (\pi d^2 / 4) (\#hilos)$	$A = (\pi D^2 / 4)$

**B. Correccion por trenzado.**

Esta correccion se hace porque el conductor en su estado normal no esta totalmente estirado, por lo que al medir se mide el conductor con algunos dobleces.

Tabla. % de correccion segun la seccion del conductor.

Seccion del conductor	% de correccion
<u>3 hilos</u>	<u>1%</u>
<u>7 hilos o mas</u>	<u>2%</u>
<u>Conductores huecos</u>	<u>3% + 2% por ser mas de 7 hilos</u>



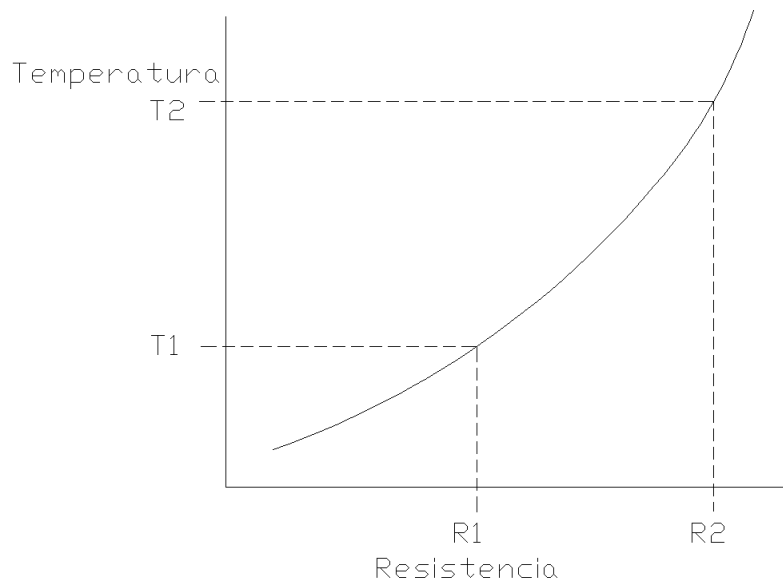
**C. Correccion por temperatura.**

Un conductor a temperatura este mayor resistencia. A temperatura tiene resistencia, asi lo ver en la grafica.

$$R_2/R_1 = T + t_2 / T + t_1$$

Por lo tanto

$$R_2 = (T + t_2 / T + t_1)$$



mayor presenta menor menor podemos

$R_1$

**D. Correccion por efecto piel o superficial.**

$$R_{CA} / R_{CC} = K$$

donde  $K$  es una constante, que se determina encontrando la  $m_r$ ,

$$m = \sqrt{w\mu} / \rho$$

$$m_r = \sqrt{wn/\rho}$$

$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$$

$$w = 2\pi f$$

$$\mu = \mu_o \mu_r$$

$$m_r = \sqrt{2\pi r^2 f \mu_o / \rho}$$

$$m_r = \sqrt{8 \times 10^{-4} \pi f l / R_{CC}}$$

**LO CUAL ES VALIDO SOLO PARA CONDUCTORES HUECOS**

Siendo las unidades en  $\Omega/\text{Hz-Km}$ .

Donde

$f$  = frecuencia.

$L$  = longitud del conductor hueco.

### PROBLEMA.

Una línea de cobre que tiene una distancia de 1000m y una sección transversal de 1.5  $\text{cm}^2$ . Si se sabe que es cobre duro y está formado por 19 hilos. Determine la resistencia de CC, si se trabaja a 50°C.

$$R_{CC} = \rho l / A = (17.922 \Omega\text{-mm}^2/\text{km})(1\text{Km})(1\text{cm}^2) / (1.5\text{cm}^2)(100 \text{mm}^2) = 0.11948\Omega$$

$$R_{CC / \text{TRENZADO}} = (R_{CC})(\% \text{ de correccion}) = (0.119)(1.02) = 0.1213 \Omega$$

$$R_{\text{tempCC}} = (T + t_2 / T + t_1) R_1 = [(241 + 50) / (241 + 20)] * 0.1213 = 0.135 \Omega$$

$$R_{CA} / R_{CC} = K$$

**PROBLEMA.**

Determine la resistencia de un conductor de ACSR el cual tiene una relacion de 54 hilos de aluminio por 7 de acero y una seccion transversal de  $2.5 \text{ cm}^2$ , si se sabe que cada uno de los hilos de aluminio es igual al diametro de cada uno de los hilos de acero siendo de 0.01 in. Una persona tiene un termometro portatil y checa que la temperatura del medio ambiente es de  $60^\circ\text{C}$ . Un trabajador de CFE, tiene un termometro pegado a un tramo de 30 cm y checa la temperatura del cable y este esta a  $40^\circ\text{C}$ , por lo tanto determine la resistencia en corriente continua del total de la longitud, si se sabe que una distancia de 10 km.

$$A_{Ac} = (\pi d^2 / 4) (\#hilos) = [\pi (0.0254 \text{ cm})^2 / 4] (7) = 0.00354 \text{ cm}^2 = 0.3546 \text{ mm}^2$$

$$A_{Al} = [\pi (0.0254)^2 / 4] (54) = 0.02736 \text{ cm}^2 = 2.736 \text{ mm}^2$$

$$R_{cc/Ac} = \rho l / A = (150 \text{ } \Omega\text{-mm}^2/\text{km}) (10 \text{ km}) / 0.3546 \text{ mm}^2 = 4230.11 \text{ } \Omega$$

$$R_{cc/Al} = (28.28 \text{ } \Omega\text{-mm}^2/\text{km}) (10 \text{ km}) / 2.736 \text{ mm}^2 = 103.58 \text{ } \Omega$$

$$R_{trenzado/Ac} = R_{cc/Ac} (1.02) = 4314.5 \text{ } \Omega$$

$$R_{trenzado/Al} = R_{cc/Al} (1.05) = 108.75 \text{ } \Omega$$

$$R_{temp/Ac} = [208.5 + 40 / 208.5 + 20] * 4314.51 = 4692.14 \text{ } \Omega$$

$$R_{temp/Al} = [228 + 40 / 228 + 20] * 108.75 = 117.5 \text{ } \Omega$$

$$R_T = 1 / [(1 / 4692.14) + (1 / 117.51)] = 114.64 \text{ } \Omega$$

**PROBLEMA TAREA.**

Determine la resistencia de un conductor de CC si este esta a  $35^\circ\text{C}$ , si se sabe que es un calibre 795, formado por 26 hilos de aluminio con un diametro de .1749 in y 7 hilos de acero con un diametro de 0.136 in. El cual tiene una distancia de 2km.

$$A_{Ac} = (\pi d^2 / 4) (\#hilos) = [\pi (3.4544)^2 / 4] (7) = 65.60 \text{ mm}^2$$

$$A_{Al} = [\pi (4.44246)^2 / 4] (26) = 403.004 \text{ mm}^2$$



$$R_{cc/Ac} = \rho l/A = (150 \Omega\text{-mm}^2/\text{km})(2\text{km})/65.60\text{mm}^2 = 4.573\Omega$$

$$R_{cc/Al} = (28.28 \Omega\text{-mm}^2/\text{km})(2\text{km})/403.004\text{mm}^2 = 0.1403\Omega$$

$$R_{trenzado/Ac} = R_{cc/Ac}(1.02) = 4.6644\Omega$$

$$R_{trenzado/Al} = R_{cc/Al}(1.05) = 0.1473\Omega$$

$$R_{temp/Ac} = [208.5 + 35/208.5 + 20] * 4.6644 = 4.9705\Omega$$

$$R_{temp/Al} = [228 + 35/228 + 20] * 0.1473 = 0.156\Omega$$

$$R_T = 1/[1/0.156 + (1/4.9705)] = 0.1512\Omega$$

### **PROBLEMA TAREA Resistencias**

Determine la resistencia de un conductor de CA si éste se encuentra a 35° C si se sabe que es un cal. 795 formado por 26 hilos de aluminio con un diámetro por hilo de aluminio de 0.1749 in y 7 hilos de acero con un diámetro de 0.1360 in, el cual recorre una distancia de 2 Km.

$$T = 35 \text{ C}$$

26 hilos Aluminio

$$\varnothing_{aluminio} = 0.1749 \text{ in}$$

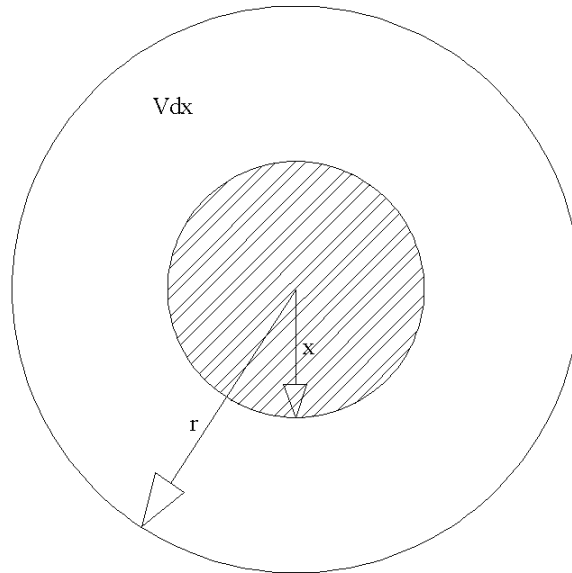
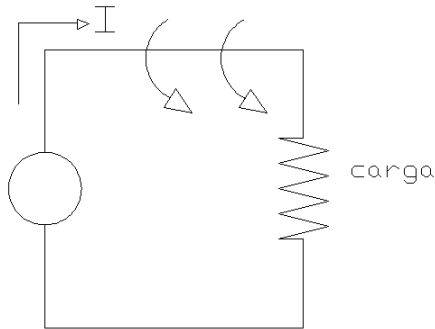
7 hilos de acero

$$\varnothing_{acero} = 0.1360 \text{ in}$$

$$l = 2 \text{ km}$$

### 4. INDUCTANCIA EN LAS LINEAS DE TRANSMISION.

**Calculo de inductancias.**



**Fuerza**

**magnetomotriz**

$$F_{mm} = \int H ds$$

**Flujo magnetico**

$$B_x = \mu H_x = \mu I / 2\pi r^2 \text{ (wb/m}^2\text{)}$$

**Enlace del flujo magnetico**

$$L = \int_0^r \mu I x^3 / 2\pi r^4$$

$$L = \int_0^r \mu I dx / 2\pi r = \mu I / 2\pi r^4 (x^4/4) = \mu I / 8\pi$$

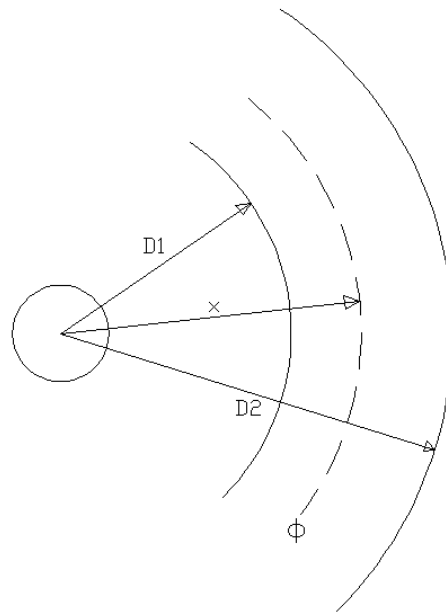
**Permeabilidad**

$$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ henrios / m}$$

$$L_{1-2} = \int_{D1}^{D2} \mu I dx / 2\pi x$$

$$= \mu I \ln(D_2/D_1) / 2\pi$$

$$= 2 \times 10^{-7} \ln(D_2/D_1) / I$$



**Inductancia total**

$$L = L_{int} + L_{ext} = 1/2 \times 10^{-7} I + 2 \times 10^{-7} \ln(D_2/D_1) / I$$

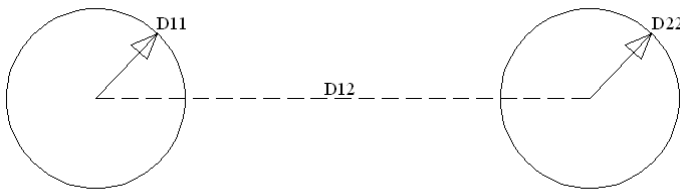
$$L = 1/2 \times 10^{-7} + 2 \times 10^{-7} \ln(1/r) + 2 \times 10^{-7} \ln(D)$$

**Radio medio geometrico**

$$\gamma = 0.7788r = e^{-1/4}$$

$$RMG = \sqrt[n^2]{\quad}$$

*ejemplo:*



$$RMG = \sqrt[n^2]{\quad}$$

$$RMG = \sqrt[2^2]{D11 * D22 * D21 * D12} = \sqrt[4]{D11^2 * D21^2}$$

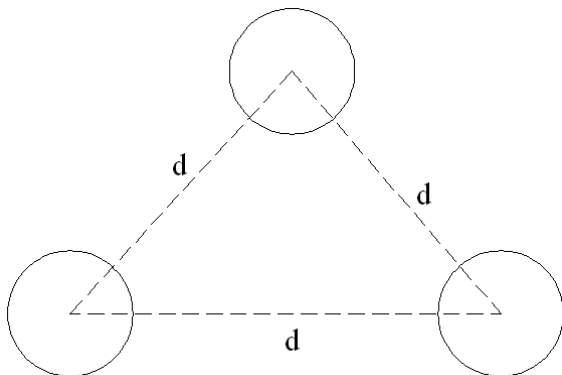
Donde:

$$D11 = \gamma$$

$$D21 = d$$

Por lo tanto:

$$RMG_{equiv} = \sqrt[3]{RMG * d}$$

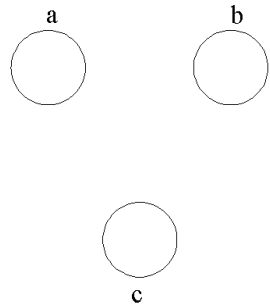


$$n^2 = 3^2 = 9$$

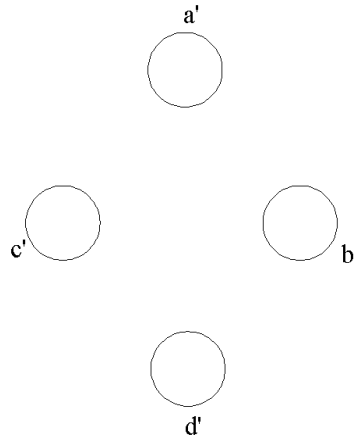
$$RMG_{equiv} = \sqrt[9]{RMG_a RMG_b RMG_c d^6} = \sqrt[3]{RMG * d^2}$$

**Diametro medio geometrico**

$$DMG = \sqrt[m^n]{\quad}$$



conductor  
x

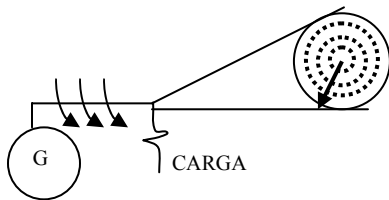


conductor  
y

$$DMG = \sqrt[3^4]{(Daa' * Dab' * Dad' * Dac') (Dba' * Dbb' * Dbc' * Dbd') (Dca' * Dcb' * Dcc' * Dcd')}$$

**CALCULO DE INDUCTANCIAS**

$$Fem = \oint Hds = I$$



$$Bx = \mu Hx = \mu x I / 2\pi r^2$$

$\lambda$  - enlace de flujo

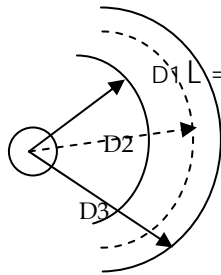
$$\lambda_{int} = \mu_r I / 8\pi = (1/2) * 10^{-7} I$$

flujo externo

$$femm = 2\pi x Hx$$

$$\lambda_{12} = 2 \cdot 10^{-7} \ln(D_2/D_1) (l)$$

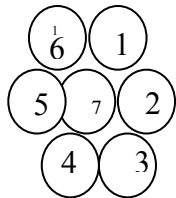
$$L = \lambda / I_n$$



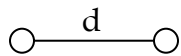
$$L = \lambda_{int} + \lambda_{ext} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-7} (l) + 2 \cdot 10^{-7} \ln(D_2/D_1) l$$

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \ln(D/RMG)$$

RADIO MEDIO GEOMETRICO DE UN CABLE



$$RMG = \sqrt[n^2]{D_{11} D_{12} D_{13} D_{14} D_{15} D_{16} D_{17} D_{21} D_{22} D_{23} D_{24} D_{25} D_{26} D_{27} D_{31} D_{32} D_{33} D_{34} D_{35} D_{36} D_{37} \dots D_{71} D_{72} D_{73} D_{74} D_{75} D_{76} D_{77}}$$



$$RMGe = \sqrt{(RMG)(D)} = \sqrt[4]{D_{11} D_{22} D_{21} D_{12}}$$



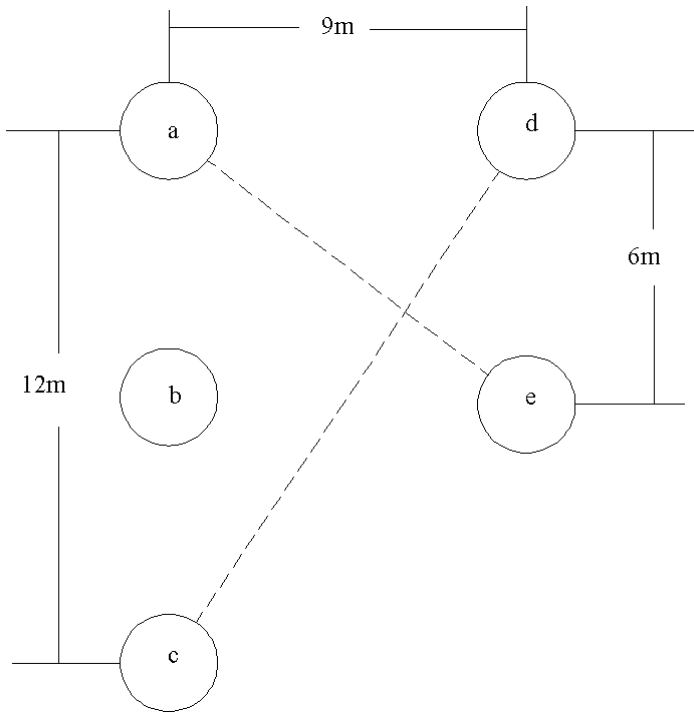
$$RMGe = \sqrt{RMG \cdot d^2}$$



$$RMGe = 1.09 \sqrt[4]{RMG \cdot d^3}$$

**PROBLEMA TAREA.**

Determine la inductancia de una linea monofasica que se encuentra constituida, en una de sus fases por tres conductores en forma vertical, separado entre sus conductores 6m, si la otra fase se encuentra a 9m de distancia y esta constituida por dos conductores. Si se sabe que el radio de los conductores de la primera fase es de 0.25 y los de la segunda son de 0.5cm.



$$DMG = \sqrt{\frac{m^n}{}}$$

$$DMG = \sqrt{\frac{3^2}{}}$$

$$hip = \sqrt{9^2 + 6^2} = 10.81m$$

$$DMG = \sqrt[6]{D_{ad} * D_{ac} * D_{bd} * D_{be} * D_{cd} * D_{ce}}$$

$$DMG = \sqrt[6]{9^2 * 10.81^3 * 15} = 10.74 m$$

$$RMG_{equiv} = \sqrt[3]{D_{aa} * D_{ab} * D_{ac} * D_{ba} * D_{bc} * D_{bb} * D_{cc} * D_{ca} * D_{cb}}$$

donde

$$D_{aa} = 0.7788r$$

$$\gamma_x = 0.7788r = 0.25cm * 0.7788 / 100cm = 1.94 \times 10^{-3} m$$

$$\gamma_y = 0.7788r = 0.5cm * 0.7788 / 100cm = 0.00389 m$$

$$RMG_{equivX} = \sqrt[9]{0.00194^3 * 6^4 * 12^2} = 0.4803$$

$$RMG_{equivY} = \sqrt[4]{Ddd * Dde * Dee * Ded}$$

$$= \sqrt[4]{0.00389^2 * 6^2} = 0.152$$

$$L = L_x + L_y = 2 \times 10^{-7} [\ln(10.74/0.4803) + \ln(10.74/0.152)] = 1.47 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$X_l = 2\pi fl = 2\pi(60)(1.47 \times 10^{-6}) = 5.55 \times 10^{-4} \Omega/m$$





**TABLA A.3**  
**Características eléctricas de conductores de aluminio con alma de acero (ACSR)†**

Palabra clave	Área de aluminio, mil²	Tramado ACSR	Capas de aluminio	Diámetro exterior, pulgadas	Resistencia			RMO D <sub>c</sub> , pies	Reactancia por conductor a 1 pie de espaciado, 60 Hz	
					Dc, 30°C, Ω/1 000 pies	Ca, 60 Hz			X <sub>c</sub> inductiva, Ω/milla	% capacitiva, MD - millas
						30°C, Ω/ milla	50°C, Ω/ milla			
Warwing	266,400	18/1	2	0.609	0.0640	0.2688	0.2621	0.0106	0.479	0.1000
Partridge	266,800	20/7	2	0.642	0.0640	0.2438	0.2392	0.0217	0.465	0.1074
Ostrich	300,000	20/7	2	0.650	0.0669	0.2070	0.2072	0.0229	0.458	0.1037
Merlin	320,400	18/1	2	0.654	0.0612	0.2767	0.2637	0.0222	0.463	0.1053
Linnet	326,400	24/7	2	0.721	0.0597	0.2737	0.2695	0.0248	0.451	0.1040
Ortolo	326,400	30/7	2	0.741	0.0594	0.2719	0.2687	0.0255	0.445	0.1032
Chickadee	327,200	18/1	2	0.743	0.0438	0.2342	0.2372	0.0211	0.439	0.1031
Nita	327,200	24/7	2	0.758	0.0420	0.2328	0.2321	0.0204	0.441	0.1015
Pelican	477,000	18/1	3	0.814	0.0561	0.1937	0.2148	0.0204	0.441	0.1004
Flicker	477,000	24/7	3	0.816	0.0519	0.1943	0.2139	0.0204	0.433	0.0992
Hawk	477,000	24/7	3	0.828	0.0537	0.1981	0.2120	0.0209	0.430	0.0959
Hen	477,000	30/7	3	0.853	0.0535	0.1919	0.2107	0.0204	0.424	0.0950
Oxyroy	556,200	18/1	2	0.879	0.0509	0.1679	0.1843	0.0201	0.432	0.0981
Parakeet	556,200	24/7	2	0.914	0.0508	0.1669	0.1832	0.0206	0.423	0.0949
Dove	556,200	24/7	3	0.937	0.0507	0.1663	0.1826	0.0214	0.420	0.0945
Rock	636,000	24/7	2	0.977	0.0299	0.1461	0.1603	0.0227	0.415	0.0900
Greenback	636,000	20/7	2	0.990	0.0208	0.1434	0.1596	0.0225	0.412	0.0845
Drake	795,000	24/7	2	1.108	0.0215	0.1172	0.1284	0.0273	0.390	0.0912
Ten	795,000	45/7	3	1.063	0.0217	0.1186	0.1302	0.0222	0.408	0.0925
Rail	934,000	30/7	3	1.165	0.0181	0.0997	0.1092	0.0296	0.393	0.0897
Cardinal	934,000	24/7	3	1.196	0.0180	0.0988	0.1082	0.0160	0.390	0.0920
Oronlan	1,032,200	45/7	3	1.213	0.0167	0.0904	0.1011	0.0162	0.390	0.0883
Bluejay	1,118,000	45/7	3	1.209	0.0155	0.0861	0.0941	0.0115	0.388	0.0871
Finch	1,118,000	34/19	3	1.293	0.0155	0.0856	0.0937	0.0426	0.389	0.0866
Bittern	1,272,000	45/7	3	1.345	0.0126	0.0769	0.0832	0.0444	0.379	0.0835
Pheasant	1,272,000	34/19	3	1.389	0.0135	0.0731	0.0821	0.0466	0.372	0.0817
Bobolink	1,431,000	45/7	3	1.427	0.0121	0.0694	0.0746	0.0470	0.371	0.0829
Plover	1,431,000	34/19	3	1.465	0.0120	0.0673	0.0733	0.0494	0.360	0.0829
Lapwing	1,590,000	45/7	3	1.509	0.0109	0.0623	0.0678	0.0499	0.364	0.0822
Falcon	1,590,000	34/19	3	1.543	0.0108	0.0612	0.0667	0.0522	0.358	0.0814
Bushbird	2,156,000	34/19	4	1.753	0.0080	0.0476	0.0515	0.0682	0.344	0.0778

† Tamaño multitas más utilizado.

‡ Datos tomados con permiso de la Asociación del Aluminio, *Aluminum Electrical Conductor Handbook* (Manual de conductores eléctricos de aluminio), 2a. Edición, Washington, D.C., 1982.

**TABLA A.4**  
**Factor de espaciamento para la reactancia inductiva  $X_L$  a 60 Hz† (ohms por milla por conductor)**

Pies	Separación											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	.....	-0.3015	-0.2174	-0.1682	-0.1333	-0.1092	-0.0841	-0.0654	-0.0492	-0.0349	-0.0221	-0.0106
1	0	0.0097	0.0187	0.0271	0.0349	0.0423	0.0492	0.0558	0.0620	0.0679	0.0735	0.0789
2	0.0841	0.0891	0.0938	0.0984	0.1028	0.1071	0.1112	0.1152	0.1190	0.1227	0.1264	0.1299
3	0.1333	0.1366	0.1399	0.1430	0.1461	0.1491	0.1520	0.1549	0.1577	0.1604	0.1631	0.1657
4	0.1682	0.1707	0.1732	0.1756	0.1779	0.1802	0.1825	0.1847	0.1869	0.1891	0.1912	0.1933
5	0.1953	0.1973	0.1993	0.2012	0.2031	0.2050	0.2069	0.2087	0.2105	0.2123	0.2140	0.2157
6	0.2174	0.2191	0.2207	0.2224	0.2240	0.2256	0.2271	0.2287	0.2302	0.2317	0.2332	0.2347
7	0.2361	0.2376	0.2390	0.2404	0.2418	0.2431	0.2445	0.2458	0.2472	0.2485	0.2498	0.2511
8	0.2523											
9	0.2568											
10	0.2794											
11	0.2910											
12	0.3015											
13	0.3112											
14	0.3202											
15	0.3286											
16	0.3364											
17	0.3438											
18	0.3507											
19	0.3573											
20	0.3635											
21	0.3694											
22	0.3751											
23	0.3805											
24	0.3856											
25	0.3906											
26	0.3953											
27	0.3999											
28	0.4043											
29	0.4086											
30	0.4127											
31	0.4167											
32	0.4205											
33	0.4243											
34	0.4279											
35	0.4314											
36	0.4348											
37	0.4382											
38	0.4414											
39	0.4445											
40	0.4476											
41	0.4506											
42	0.4535											
43	0.4564											
44	0.4592											
45	0.4619											
46	0.4646											
47	0.4672											
48	0.4697											
49	0.4722											

† Tomada de *Electrical Transmission and Distribution Reference Book* (Libro de referencia de la transmisión y distribución eléctrica), con permiso de la Compañía ABB Power T&D, Inc.

TABLA A.5  
Factor de espaciamento para la reactancia capacitiva en derivación  $X_C'$  a 60 Hz† (megaohms milla por conductor)

Pies	Separación											
	Pulgadas											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	.....	-0.0787	-0.0532	-0.0411	-0.0326	-0.0260	-0.0208	-0.0160	-0.0120	-0.0083	-0.0054	-0.0026
1	0	0.0787	0.0532	0.0411	0.0326	0.0260	0.0208	0.0160	0.0120	0.0083	0.0054	0.0026
2	0.0205	0.0218	0.0229	0.0241	0.0251	0.0262	0.0272	0.0282	0.0291	0.0300	0.0309	0.0318
3	0.0325	0.0334	0.0342	0.0350	0.0357	0.0365	0.0372	0.0379	0.0385	0.0392	0.0399	0.0405
4	0.0411	0.0417	0.0423	0.0429	0.0435	0.0441	0.0446	0.0452	0.0457	0.0462	0.0467	0.0473
5	0.0478	0.0482	0.0487	0.0492	0.0497	0.0501	0.0506	0.0510	0.0515	0.0519	0.0523	0.0527
6	0.0532	0.0536	0.0540	0.0544	0.0548	0.0552	0.0555	0.0559	0.0563	0.0567	0.0570	0.0574
7	0.0577	0.0581	0.0584	0.0588	0.0591	0.0594	0.0598	0.0601	0.0604	0.0608	0.0611	0.0614
8	0.0617											
9	0.0622											
10	0.0628											
11	0.0633											
12	0.0637											
13	0.0641											
14	0.0645											
15	0.0649											
16	0.0653											
17	0.0657											
18	0.0661											
19	0.0665											
20	0.0669											
21	0.0673											
22	0.0677											
23	0.0681											
24	0.0685											
25	0.0689											
26	0.0693											
27	0.0697											
28	0.0701											
29	0.0705											
30	0.0709											
31	0.0713											
32	0.0717											
33	0.0721											
34	0.0725											
35	0.0729											
36	0.0733											
37	0.0737											
38	0.0741											
39	0.0745											
40	0.0749											
41	0.0753											
42	0.0757											
43	0.0761											
44	0.0765											
45	0.0769											
46	0.0773											
47	0.0777											
48	0.0781											
49	0.0785											

A 60 Hz en línea - conductor  
 $X_C' = 0.06831 \log d$   
 donde  $d$  = espaciado en pies.  
 Para líneas trifásicas  
 $d = D_{eq}$

† Tomada de *Electrical Transmission and Distribution Reference Book* (Libro de referencia de la transmisión y distribución eléctrica), con permiso de la Company ABB Power T&D, Inc.

## 5. CAPACITANCIA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION.

### Definicion de capacitancia.

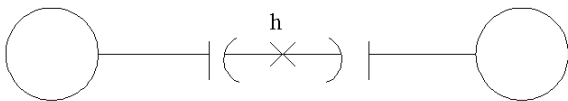
Es el resultado de la diferencia de potencial entre los conductores que origina que estos se carguen de la misma forma de las placas de un capacitor cuando hay una diferencia de potencial entre ellos.

$$C = q/V_{a-b} = \pi K / \ln(D/r)$$

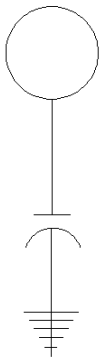
$q = \text{carga}$

$V_{a-b} = \text{diferencia de potencial}$

$K = 8.85 \times 10^{-12} = \text{permeabilidad del aire}$



$$X_c = 1/2\pi f C$$

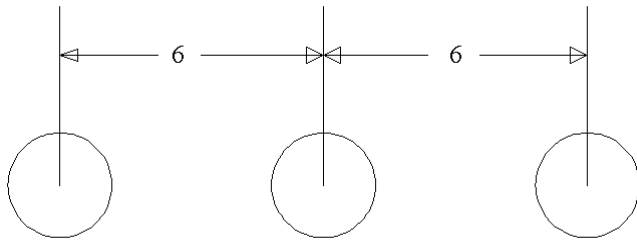


$$X_c = 1/2\pi f C = 1/2\pi^2 f 8.85 [\ln(DMG/RMG)]$$



**PROBLEMA TAREA.**

Determine la reactancia inductiva y la capacitiva para un conductor de  $1.5 \text{ cm}^2$ , si se sabe que es de cobre estirado en frio y que alimenta a una subestacion de 100KVA y tiene un arreglo de 6m en forma trifasica.



$$An = 1.5 \text{ cm}^2 = 300 \text{ Kcm}$$

$$DMG = \sqrt[3]{D1 * D2 * D3}$$

$$DMG = \sqrt[3]{DD2D} = D\sqrt[3]{2} = 6 * 1.2599 = 7.559 \text{ m} = 24.8 \text{ ft} = 24 \text{ ft}, 9.6 \text{ in}$$

De la tabla A-1

$$\gamma' = 0.01987 \text{ ft} = 0.00605 \text{ m}$$

$$Xa = 0.476 \text{ } \Omega\text{-milla}$$

$$r = Dext/2 = 0.629/2 = 0.314 \text{ in} = 0.0079 \text{ m}$$

$$Xa' = 0.1080 \text{ M } \Omega\text{-milla}$$

$$Dext = 0.629 \text{ in}$$

$$X_L = 2\pi f l = 2\pi f (2 \times 10^{-7} \ln(D/r)) = 4 \times 10^{-7} \pi (60) \ln(7.55/0.00605) =$$

$$X_L = 5.375 \times 10^{-4} \text{ } \Omega\text{-m} = 0.537 \text{ } \Omega\text{/km}$$

$$Xc = 1/2 \pi^2 (60)(8.85) [\ln(7.55/0.0079)] = 654.71 \times 10^6 \text{ } \Omega\text{-m}$$

De la tabla A-4

$$\text{con } DM = 25 \text{ ft} \quad Xd = 0.3906 \text{ } \Omega\text{/milla}$$

$$Xd' = 0.0955 \text{ M } \Omega\text{-milla}$$

$$X_L = Xa + Xd = 0.476 + 0.3906 = 0.8666$$

$$Xc = 0.1080 \text{ M } \Omega + 0.0955 \text{ M } \Omega = 0.2045 \text{ M } \Omega$$

$$Xc = 0.654 \times 10^6 \text{ } \Omega\text{-km}$$

Ecuaciones

$$C_{ab} = q / V_{ab} = \pi k / \ln(D/V)$$

Q = carga de línea

V<sub>ab</sub> = diferencia de potencial

K = 8.85\* 10<sup>-12</sup> permiabilidad del aire

D = distancia entre fases

r = radio conductor

$$C_a = 2\pi k / \ln(D/RM)$$

$$X = 1/2\pi f C$$

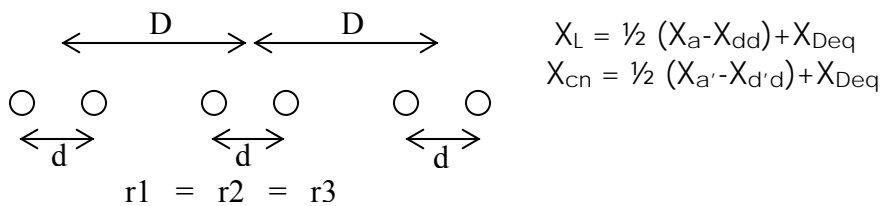
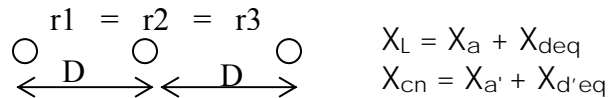
$$X_L = 2\pi f L = 2\pi f (2 \cdot 10^{-7} \ln(r-1)) + 2\pi f (2 \cdot 10^{-7} \ln(D))$$

Reactancia interna  
X<sub>a</sub>

Reactancia externa  
X<sub>d</sub>

$$X_L = X_a + X_d \quad \Leftarrow \text{Reactancia inductiva}$$

$$X_C = X_{a'} + X_{d'} \quad \Leftarrow \text{Reactancia capacitiva}$$



## 6. RELACION DE TENSION Y CORRIENTE EN LINEAS CORTAS, MEDIANAS Y LARGAS LONGITUD.



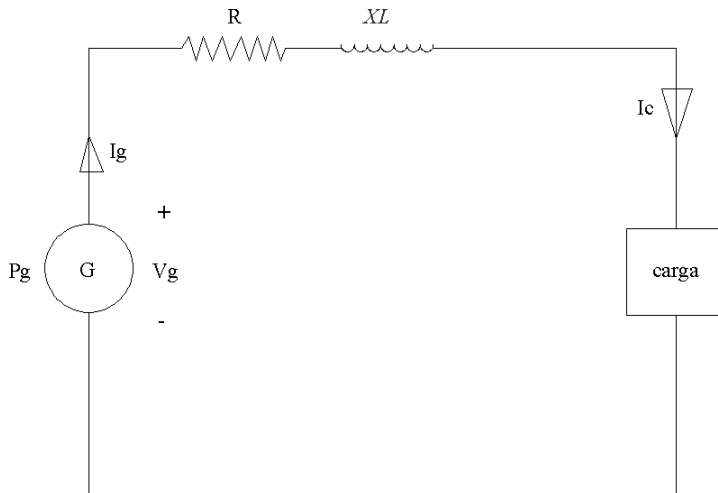
Segun la distancia las lineas de transmision se pueden clasificar de la siguiente manera.

Lineas largas > 220 kms

Lineas medias 80 -220 kms

Lineas cortas < 80 kms.

### Analisis para lineas cortas.



$I_g$  = corriente de generacion

$I_c$  = corriente de la carga

$P_g$  = potencia de generacion

$P_c$  = potencia de la carga

$$I_c = I_g$$

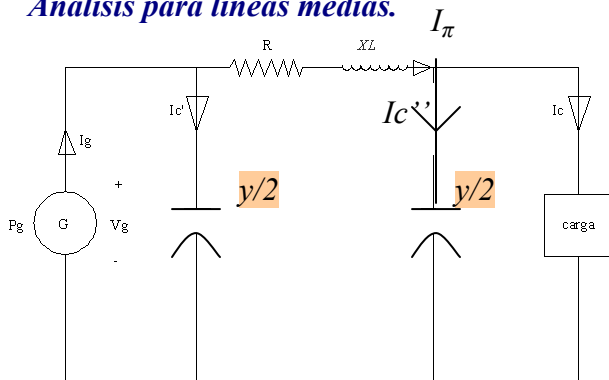
$$\%Reg = ((V_g - V_c) / V_c) 100$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{fp}$$

$$V_g = Z I_c + V_c$$

$$\eta = (P_c / P_g) 100$$

### Analisis para lineas medias.



$$I_\pi = I_c'' + I_c, \quad I_c' = V_g(y/2), \quad I_c'' = V_c(y/2)$$

$$I_\pi = I_c + V_c(y/2)$$

$$I_g = I_c' + I_\pi = V_g(y/2) + I_c + V_c(y/2)$$

$$I_g = y/2(V_g + V_c) + I_c$$

$$V_g = V_c + Z(I_\pi)$$

$$V_g = V_c + Z(I_c) + V_c Z(y/2)$$

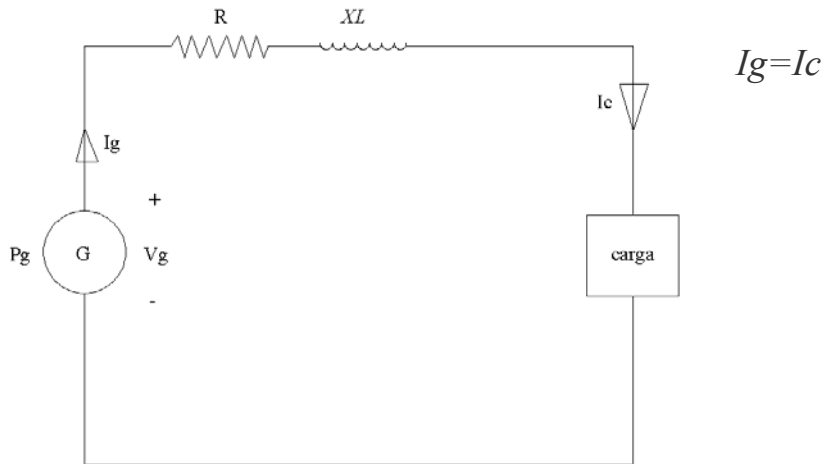
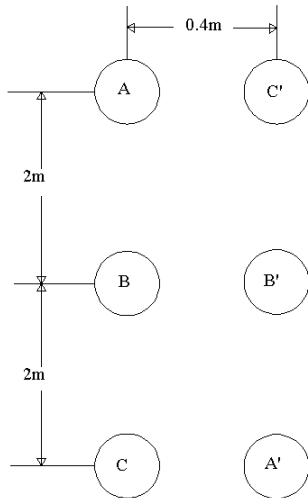
$$V_g = V_c [1 + (Zy/2)] + Z I_c$$

Impedancia  $Z = (R + jX_l)l$

Admitancia  $y = (1/X_c)l$

**PROBLEMA**

En una línea trifasica el cual alimenta a 13.2 KV a una carga de 2.4 MW, la cual se encuentra a 16 Km de su fuente de generacion, si se sabe que los conductores son de cobre 4/0 AWG, considere un factor de potencia en atraso de 0.8 para la carga. Obtenga la corriente de la carga, el voltaje de generacion, la potencia de generacion, el porciento de regulacion y la eficiencia.



$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} * V_c * F_p} = \frac{2400 \text{ KW}}{\sqrt{3} * 13.2 \text{ KV} * 0.8} = 131.21 \text{ amp}, -36.86^\circ$$

Tabla A-1, para conductor 4/0

$$RMG = \sqrt[3]{\gamma'_A * \gamma'_B * \gamma'_C}$$

$$\gamma = 0.01668 \text{ ft}$$

$$R = 0.303 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

$$\gamma'_A = \gamma'_C = \sqrt[4]{\gamma'^2 * D_{AA}^2} = \sqrt[4]{[0.01668 \text{ ft} (0.3048 \text{ m})]^2 [4^2 + 0.4^2]^{2/2}} = 0.143 \text{ m}$$

$$\gamma'_B = \sqrt[4]{\gamma'^2 * D_{AA}^2} = \sqrt[4]{[0.01668 \text{ ft} (0.3048 \text{ m})]^2 [0.4^2]} = 0.045 \text{ m}$$

$$RMG = 0.097 \text{ m}$$

$$DMG = \sqrt[3]{D_{AB} * D_{BC} * D_{CA}}$$

$$DMG = \sqrt[4]{D_{AB} * D_{AB'} * D_{A'B} * D_{AB'}}$$

$$DMG_{AB} = \sqrt[4]{2^2 * 2.039^2} = 2.019 \text{ m}$$



$$DMG_{BC} = \sqrt[4]{2^2 * 2.039^2} = 2.019m$$

$$DMG_{BC} = \sqrt[4]{4^2 * 0.4^2} = 1.264m \quad DMG = 1.72$$

$$X_L = 2\pi f l = 2\pi f (2 \times 10^7 \ln(D/r)) = 4 \times 10^{-7} \pi (60) \ln(1.72/0.097) = 216.79 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 216.79 \times 10^{-3} \Omega/km$$

$$X_C = 1 \times 10^{12} / 4 \pi^2 (8.85) [\ln(1.72/0.111)] = 0.130 \times 10^{-6} \Omega \cdot km$$

$$\gamma = 0.528 / 2(0.3048/12) = 0.0067m$$

$$RM = \sqrt[3]{R_A * R_B * R_C} = 0.111m$$

$$R_A = R_C \sqrt[4]{0.0067^2 * (0.4^2 + 4^2)} = 0.164m$$

$$R_B = \sqrt[4]{0.0067^2 * (0.4^2)} = 0.051m$$

$$Z = (R + jx_L)l = 0.094 + j216.79 \times 10^{-3} = 3.776 \Omega, 66.55^\circ$$

$$V_g = V_c + IZ = (13200 \angle 0^\circ / \sqrt{3}) + 131.21 \angle -36.86^\circ [3.776 \Omega, 66.55^\circ] = 8055 \angle 1.74^\circ$$

$$V_g = 8055 \angle 1.74^\circ (\sqrt{3}) = 13,952V$$

$$P_g = \sqrt{3} * I_C * V_g * FP = \sqrt{3} * 131.21 * 13952 * \cos(0.7815) = 2478.017 KW$$

$$\%Reg = V_g - V_c / V_c = (13.952 - 13.2 / 13.2) 100 = 5.69 \%$$

$$\eta = (2.4MW / 2.478MW) 100 = 96.85\%$$

**Líneas Cortas**

Una línea trifásica conductores en arreglo horizontal a 2 m entre conductores.

$$V_c = 115 \text{ kV}$$

$$P_c = 10 \text{ MVA}$$

$$l = 20 \text{ km}$$

$$fp = 85 \%$$

Conductor 1113 kcm ACSR

$$I_c = I_G$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{V_G - V_C}{V_C} \times 100$$

$$P = \sqrt{3} (I V fp)$$

$$\eta = \frac{P_G}{P_c} \times 100$$

$$P_G = \sqrt{3} I_G V_G fp_G$$

$$Z = R + X_L$$

$$X_L = X_a + X_d$$

$$DMG = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}$$

$$DMG = \sqrt[3]{(2)(2)(4)} = 2.51 \text{ m} = 8.26 \text{ ft} = 8 \text{ ft } 3 \text{ in}$$

$$X_d = 0.2523 \frac{\Omega}{\text{milla}} (1 \text{ milla}/1.609 \text{ km}) = 0.1568 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_a = 0.380 \frac{\Omega}{\text{milla}} (1 \text{ milla}/1.609 \text{ km}) = 0.2361 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R = 0.0969 \frac{\Omega}{\text{milla}} (1 \text{ milla}/1.609 \text{ km}) = 0.0602 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

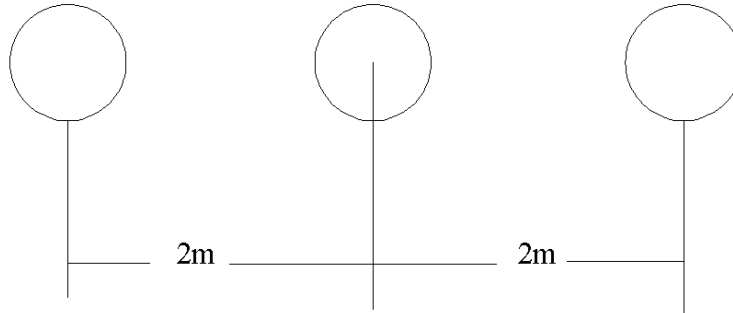
$$X_L = 0.2361 + 0.1583 = 0.3944 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$Z = 0.0969 + j0.3944 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$Z = 16 \text{ km} (0.3989 \angle 81.32^\circ) = 7.978 \angle 81.32^\circ \Omega$$

$$Z = 1.204 + j 7.88 \Omega$$

$$I_c = P_c / (\sqrt{3} I_c V_c) = 10 \times 10^6 / \sqrt{3} (115 \times 10^3)$$



$$I_c = I_G = 50.20 < 31.78 A$$

$$V_G = V_c + I_c Z$$

$$V_G = 115000/\sqrt{3} + 50.20 < 31.78(1.204 + j 7.88)$$

$$V_G = 66.395 X 10^3 + j0 - 157.12 + j368.38$$

$$V_G = 66.237 X 10^3 + j 368.38$$

$$V_G = 66.238 X 10^3 < 0.318^\circ V$$

$$V_{Gf} = 114.727 kV$$

$$P_G = \sqrt{3} (V_G I_c \cos \phi)$$

$$P_G = \sqrt{3} (114.727 kV)(50.20A) \cos 31.462^\circ$$

$$P_G = 8.50 MW = 9.97 MVA$$

$$\% Reg = \frac{V_G - V_c}{V_c} x 100$$

$$\% Reg = \frac{114.727 - 115}{115} x 100$$

$$\% Reg = -0.23 \%$$

$$\eta = \frac{P_G}{P_c} x 100$$

$$\eta = \frac{10 MVA}{9.97 MVA} x 100$$

$$\eta = 100.30\%$$

**Lineas medias**

Una linea trifasica la cual alimenta a 34.5 KV a una carga de 4MVA, con una trayectoria de 100Kms. Si se sabe que los conductores estan en un plano horizontal separados entre si 2m y su conductor es de calibre 4/0 AWG.

LINEAS MEDIAS.-

$V_c = 34.5 \text{ KV}$  ;  $P_c = 4 \text{ MVA}$  ;  $L = 100 \text{ KM}$  ; CONDUCTOR 4/0 AWG

CUEEF ;  $f.p = 95\%$

$$I_c = 4000 \text{ KVA} / (3^{1/2} (34.5 \text{ KV}))$$

$$I_c = 66.93 \text{ A} \angle 18.19$$

TABLA A1  $R = .303 \Omega/\text{milla}$  ;  $r = 0.1668 \text{ ft}$  ;  $X_a = .01359 \Omega/\text{milla}$   
 $X_a' = .1132 \text{ M}\Omega/\text{milla}$

$$\text{DMG} = 2 = 6 \text{ft } 7 \text{in de tablas} \quad X_d = .2287 \Omega/\text{milla}$$

$$X_d' = .0559 \text{ M}\Omega/\text{milla}$$

$$X_L = .1359 + .2287 = .3646 \Omega/\text{milla}$$

$$X_C = .1132 + .0559 = .1691 \text{ M}\Omega/\text{milla}$$

$$Z = (.303 + j.3646) \Omega/\text{milla} (100 \text{ KM}) (1 \text{ milla} / 1.609 \text{ km})$$

$$Z = (.474 \angle 50.27) 62.15 \text{ millas}$$

$$Z = 29.4591 \angle 50.27$$

$$Y = 1/X_C = 5.91 \text{ } 1/\text{M}\Omega/\text{milla} (100 \text{ km}) (1 \text{ milla} / 1.609 \text{ km}) = j367.5 \times 10^{-6} \text{ } 1/\Omega$$

$$V_G = (1 + YZ/2)V_c + I_c Z$$

$$V_G = (1 + (183.75 \times 10^{-6} \angle 90)(66.93 \angle 18.19)) 34500 / 3^{1/2}$$

$$+ 66.93 \angle 18.19 (29.4591 \angle 50.27)$$

$$V_G = (1 + .0122 \angle 108.19) 19918.58 + 1971.6 \angle 68.19$$

$$V_G = 18841.57 + j230.20 + 732.5 + j1830.4$$

$$V_G = 19574.07 + j2060.6$$

$$V_G = 19682.2 \angle 6.009 \quad V_G = 34090.5 \text{ V}$$

$$I_G = Y/2(V_G + V_C) + I_L$$

$$I_G = 183.75 \times 10^{-6} \angle 90 (19574.05 + j2060.42 + 19918.58 \angle 0) + 66.93 \angle 18.19$$

$$I_G = -.377 + j7.256 + 63.58 + j20.89$$

$$I_G = 63.203 + j28.146 \quad I_G = 69.186 \angle 24$$

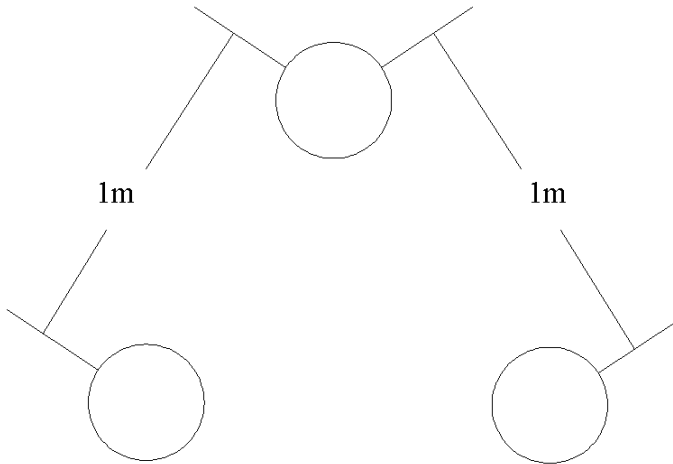
$$P_G = 3^{1/2} (34090.5)(69.186) .95 = 3.88 \text{ MVA}$$

$$\% \text{REG} = (34090.5 - 34500 / 34500) * 100 = 98.8\%$$

$$\eta = 3.88 / 4 * 100 = 97\%$$

**PROBLEMA**

Una central cuya potencia instalada es de 20MVA con una distancia de 10kms, transporta energia a 66kV. Determine el calibre del conductor si se sabe que es trifasica y tiene un arreglo en forma equilatera cuya distancia entre fase y fase es de 1m



$$P = \sqrt{3} * V * I$$

$$I = P / \sqrt{3} * V = 20MVA / \sqrt{3} * 66KV$$

$$I = 174.95 \text{ amp.}$$

$$A = \sqrt{3} * \rho * I * l^2 / P$$

$$A_1 = \sqrt{3} (17.922) (10) (174.95)^2 / 20,000,000 * .04 = 5.93 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 11.87 \text{ mm}^2$$

Este calibre es muy Delgado y no resiste la distancia de 10km asi que como minimo usaremos el calibre 1/0 AWG.

Tabla A-4

$$D_{equiv.} = 3 \text{ ft, } 3''$$

$$X_{Dequiv.} = 0.1430 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

Tabla A-1

$$R = 0.607 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

$$X_a = 0.546 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

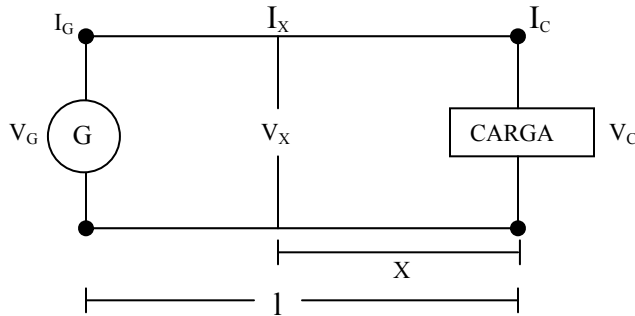
$$X_L = X_a + X_{equiv.} = 0.546 + 0.1430 = 0.689 \text{ } \Omega / \text{milla}$$

$$V = e \sqrt{3} (R \cos \theta + X_L \sin \theta) l = \sqrt{3} [(0.607 * 174.95 * 0.8) + (0.689 * \sin(\cos^{-1} 0.8))] * 6.213 \text{ millas}$$

$$V = 918.97 \text{ Volts}$$

$$\%V = V / V_L = (918.97 / 66000) 100 = 1.39\%$$

**LINEAS LARGAS**



**PUNTO X**  $\left\{ \begin{array}{l} V_x = V_C \cosh \gamma x + I_C Z_C \sinh \gamma x \\ I_G = I_C \cosh \gamma x + (V_C / Z_C)(\sinh \gamma x) \end{array} \right.$

**GENERACIÓN**  $\left\{ \begin{array}{l} V_G = V_C \cosh \gamma l + I_C Z_C \sinh \gamma l \\ I_G = I_C \cosh \gamma l + (V_C / Z_C)(\sinh \gamma l) \end{array} \right.$

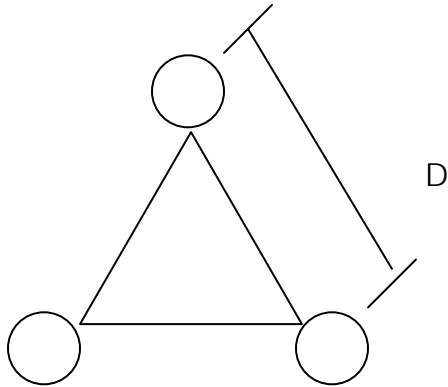
**CARGA**  $\left\{ \begin{array}{l} V_G = V_C \cosh \gamma x - I_C Z_C \sinh \gamma x \\ I_C = I_G \cosh \gamma x - (V_G / Z_G)(\sinh \gamma x) \end{array} \right.$

$\gamma = \text{constante de propagación} = \sqrt{\bar{Z}Y}$

$Z = \text{Impedancia} = R + jX_L$

$Y = \text{Admitancia} = j(1/X_C)$

Una línea trifásica opera a 220 KV, a una frecuencia de 60 Hz con una carga de 75 MW, con un  $fp = 1$ , si la línea recorre una distancia de 400 Km. Y es de un calibre 1,111.3 KCM de 54 hilos de aluminio por 19 de acero. Determine la impedancia, la admitancia, si tiene arreglo equilátero y con una distancia entre fase y fase de 2 m. Asi mismo determine el voltaje, la corriente, el  $fp$  de la generación.



$l = 400 \text{ Km.}$   
 Con 1113KCM  
 Tenemos que :  
 $R = 0.0969 \Omega/\text{milla.}$   
 $X_a = 0.380 \Omega/\text{milla.}$   
 $X_a' = 0.0867 \Omega/\text{milla.}$   
 $\delta = 0.043 \text{ ft}$   
 $D = 2\text{m} = 6 \text{ ft } 7\text{in.}$

$X_L = 0.380 \Omega/\text{milla.}$   
 $X_C = 0.0867 \Omega/\text{milla.}$   
 $V_C = 220 \text{ KV.}$   
 $P_C = 75 \text{ MW.}$

$$Z = R + jX_L = 0.0969 + j 038 = 97.5 \angle 75.7^\circ \Omega$$

$$Y = j(1/X_C) = j(1 \cdot 400 \cdot 1.609) / 0.0868 = 7.4233 \cdot 10^{-3} \angle 90(1/\Omega)$$

$$\gamma = \sqrt{ZY} = \sqrt{(97.5 \angle 75.7) * (7.4233 * 10^{-3} \angle 90)} = 0.105 + j0.844$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{97.5 \angle 75.7}{7.4233 * 10^{-3} \angle 90}} = 114.6 \angle -7.15$$

$$\text{Cosh}(\alpha + j\beta) = \frac{e^{0.105}}{2} \angle 0.844 + \frac{e^{-0.105}}{2} \angle -0.844 = 1.0049 \angle 0.085$$

$$\text{Senh}(\alpha + j\beta) = \frac{e^{0.105}}{2} \angle 0.844 - \frac{e^{-0.105}}{2} \angle -0.844 = 0.106 \angle 0.807$$

$$P = \sqrt{3} * VI \cos \theta$$

$$I = \frac{75000 \text{KW}}{\sqrt{3} * 220 \text{KV} * 1} = 196.8 \angle 0$$

$$V_G = V_C \text{Cosh } \gamma l + I_c Z_c \text{Senh } \gamma l = 130,015.34 \angle -0.032$$

$$V_{\text{fase}} = 225,193.17 \angle -0.032$$

$$I_G = I_c \text{Cosh } \gamma l + (V_C / Z_c) (\text{Senh } \gamma l) = 314.21 + j 15.83 = 314.6 \angle 2.88$$

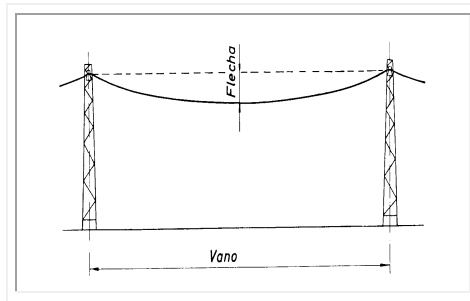


## 7. CALCULO MECANICO A LAS LINAS DE TRANSMISION

### METODOS PARA EL CÁLCULO DE LA CATENARIA.

#### CONCEPTO DE VANO LUZ Y FLECHA

Se llama vano en una línea eléctrica a la distancia entre apoyo y apoyo. Esta distancia medidas en metros, se denomina luz.

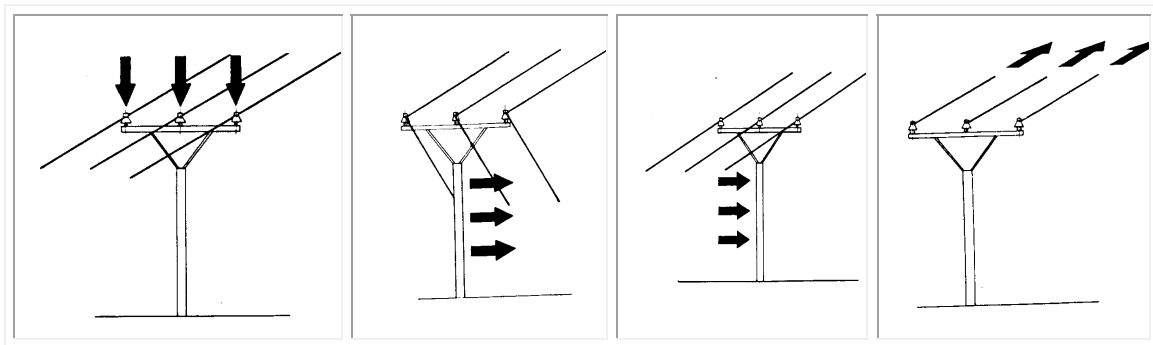


Se denomina flecha a la distancia entre la línea recta que pasa por las puntas de sujeción de un conductor en dos apoyos consecutivos, y el punto más bajo de este mismo conductor. La curva que provoca el cable se denomina catenaria.

#### ESFUERZOS A QUE ESTÁN SOMETIDOS LOS APOYOS E LAS LÍNEAS AEREAS

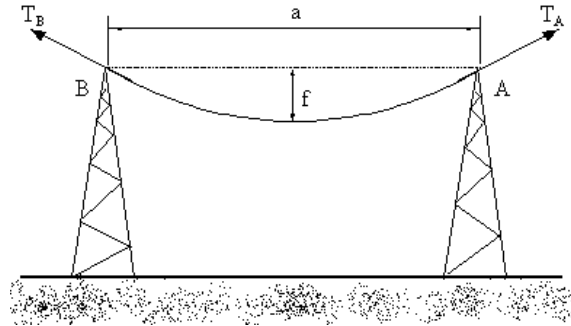
Los apoyos para líneas aéreas están sometidos a diferentes clases de esfuerzos, entre ellos podemos distinguir:

- **Esfuerzos verticales.**- Son aquellos debidos al peso de los conductores y sobrecargas en los conductores.
- **Esfuerzos transversales.**- Son debidos a la acción del viento sobre los apoyos, o a la acción resultante de los conductores cuando están formando ángulo.
- **Esfuerzo longitudinales.**- Provocados en los apoyos de principio o final de línea, por la tracción longitudinal de los conductores.



### Planteamiento de la ecuación de la flecha para el cálculo de catenaria.

Un conductor de peso uniforme, sujeto entre dos apoyos por los puntos A y B situados a la misma altura, forma una curva llamada catenaria. La distancia  $f$  entre el punto más bajo situado en el centro de la curva y la recta AB, que une los apoyos, recibe el nombre de flecha. Se llama vano a la distancia "a" entre los dos puntos de amarre A y B.

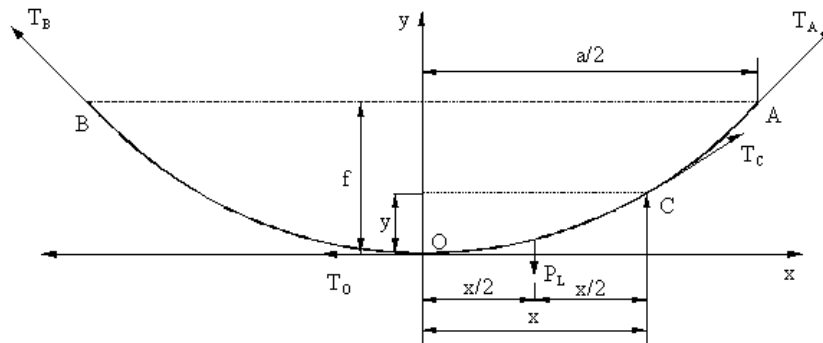


Los postes deberán soportar las tensiones  $T_A$  y  $T_B$  que ejerce el conductor en los puntos de amarre. La tensión  $T = T_A = T_B$  dependerá de la longitud del vano, del peso del conductor, de la temperatura y de las condiciones atmosféricas.

Para vanos de hasta unos 500 metros podemos equipararla forma de la catenaria a la de una parábola, lo cual ahorra unos complejos cálculos matemáticos, obteniendo, sin embargo, una exactitud mas que suficiente.

La catenaria deberá emplearse necesariamente en vanos superiores a los 1000 metros de longitud, ya que cuanto mayor es el vano menor es la similitud entre la catenaria y la parábola.

Calculamos a continuación la relación que existe entre la flecha y la tensión. Para ello representamos el conductor de un vano centrado en unos ejes de coordenadas:



Consideramos un trozo de cable OC que tendrá un peso propio  $P_L$  aplicado en el punto medio y estará sometido a las tensiones  $T_O$  y  $T_C$  aplicadas en sus extremos.

Tomando momentos respecto al punto C tendremos:

$$P_L \frac{x}{2} = T_0 y$$

Por lo tanto el valor de y será:

$$y = \frac{x P_L}{2 T_0}$$

Si llamamos P al peso unitario del conductor, el peso total del conductor en el tramo OC, que hemos llamado  $P_L$ , será igual al peso unitario por la longitud del conductor, que cometiendo un pequeño error denominaremos x.

Por lo tanto admitiendo que:

$$P_L = P x$$

y sustituyendo esta expresión en la fórmula anterior del valor de y resulta:

$$y = \frac{x^2 P}{2 T_0}$$

Si ahora consideramos el punto A correspondiente al amarre del cable en vez del punto C, tendremos que:

$$y = f \quad ; \quad x = \frac{a}{2}$$

Por lo tanto al sustituir queda:

$$f = \frac{P a^2}{8 T_0} \quad [1]$$

Podemos despejar el valor de la tensión  $T_0$  y tendremos que :

$$T_0 = \frac{P a^2}{8 f}$$

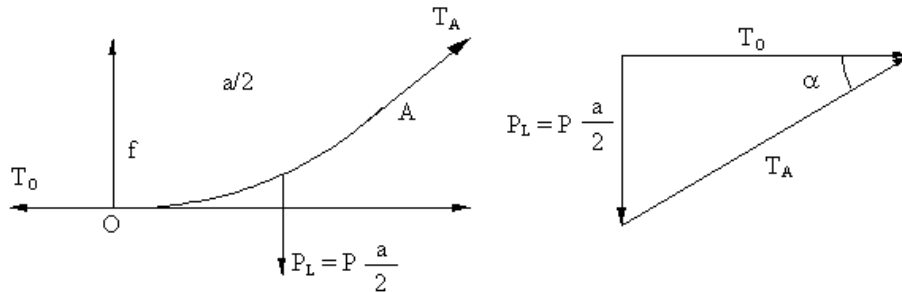
La ecuación [1] nos relaciona la flecha f en función de la tensión  $T_0$ , del peso unitario del conductor P y de la longitud del vano a.

Si comparamos esta ecuación de la parábola con la de la catenaria:

$$f = \frac{T_O}{P} \left( \cosh \frac{aP}{2 T_O} - 1 \right)$$

podremos observar la complejidad de ésta, y como demostraremos más adelante, los resultados serán prácticamente iguales.

Nos interesa trabajar con la tensión  $T_A$  en lugar de la empleada hasta ahora  $T_O$ . Observamos el triángulo de fuerzas compuesto por  $T_O$ ,  $T_A$  y  $P_L$ :



y aplicando el Teorema de Pitágoras tenemos:

$$T_A^2 = T_O^2 + \left( P \frac{a}{2} \right)^2$$

En los casos prácticos que se nos presentan en las líneas aéreas de alta tensión, el valor del ángulo a formado por  $T_O$  y  $T_A$  es muy pequeño, por lo que podemos asegurar que  $T_O \approx T_A$ , aproximación que emplearemos en cálculos posteriores. Esto equivale a afirmar que la tensión a lo largo del conductor es constante.

Referente a  $T_A$ , podemos decir que esta tensión no debe sobrepasar nunca el valor de la carga de rotura del conductor  $Q$ , pues de lo contrario se rompería:

$$Q = s S$$

siendo  $s$  el coeficiente de resistencia a la tracción del conductor utilizado y  $S$  la sección del mismo.

Puesto que un conductor no debe trabajar nunca en condiciones próximas a las de rotura, se deberá admitir un cierto coeficiente de seguridad  $n$  tal que:

$$T_{A_{\max}} = \frac{\sigma S}{n} = \frac{Q}{n}$$

El Reglamento de Líneas de Alta Tensión admite coeficientes de seguridad mínimos de 2,5 y en algunos casos obliga que sea del orden de 5 ó 6.

**Ejemplo. Comparación entre las tensiones  $T_O$  y  $T_A$  en un vano.**

Sea un vano de **250** metros de longitud formado por cable LA-140. Hallar y comparar las tensiones  $T_O$  y  $T_A$  en tres casos:

- Flecha de 10 m.
- Flecha de 0,5 m.
- Flecha mínima.

El cable LA-140 tiene las siguientes características:

- \* Diámetro:  $D = 15,7$  mm.
- \* Sección total:  $S = 146$  mm<sup>2</sup>. Area del Conductor
- \* Peso unitario:  $P = 0,543$  kg/m.
- \* Tensión de rotura:  $Q = 5.470$  kg.

**a) Flecha de 10 metros**

Partimos de la fórmula general:

$A$  = Vano del Conductor

$P$  = Peso del conductor en Kg/mts

$F$  = flecha del conductor

$T_O$  = Tension en el Punto cero

$$f = \frac{P a^2}{8 T_O} \quad ; \quad T_O = \frac{P a^2}{8 f}$$

Sustituyendo los valores resulta:

$$T_O = \frac{0,543 \cdot 250^2}{8 \cdot 10} = 424 \text{ Kg.}$$

El valor de  $T_A$  se obtiene de la fórmula:

$$T_A = \sqrt{T_O^2 + \left(P \frac{a}{2}\right)^2}$$

Sustituyendo queda:

$$T_A = \sqrt{424^2 + \left(0,543 \frac{250}{2}\right)^2} = 429,39 \text{ Kg.}$$

Comparando los valores de  $T_O$  y  $T_A$  obtenemos una diferencia de 5,39 kg. que supone un 1,25% de diferencia.

Podemos hallar el coeficiente de seguridad con el que trabajamos:

$$n = \frac{Q}{T_O} = \frac{5.470}{424} = 12,9$$

que es exageradamente alto.

### b) Flecha de 0,5 metros

Partiendo de la fórmula general y sustituyendo los valores:

$$T_O = \frac{P a^2}{8 f} = \frac{0,543 \cdot 250^2}{8 \cdot 0,5} = 8.484,37 \text{ Kg.}$$

El valor de  $T_A$  se obtiene de forma análoga:

$$T_A = \sqrt{8.484,37^2 + \left(0,543 \frac{250}{2}\right)^2} = 8.484,64 \text{ Kg.}$$

Comparando los valores de  $T_O$  y  $T_A$  se obtiene una pequeña diferencia de 0,27 kg. que supone un 0,003%.

Observamos que como  $T_O \gg T_A > Q$  el cable se romperá.

Al comparar los resultados obtenidos en a) y b) podemos afirmar que cuanto menor es la flecha mayor es la tensión que soporta el conductor.

### c) Flecha mínima

La flecha mínima será la correspondiente a un coeficiente de seguridad de 2,5 y por lo tanto:

$$T_O = \frac{Q}{n} = \frac{5.470}{2,5} = 2.188 \text{ Kg.}$$

La flecha mínima será:

$$f = \frac{P a^2}{8 T_O} = \frac{0,543 \cdot 250^2}{8 \cdot 2.188} = 1,93 \text{ m.}$$

Haciendo operaciones se obtiene una tensión  $T_A$  de valor 2.189,05 kg.

Por lo tanto al comparar  $T_A$  y  $T_O$  se obtiene una diferencia de 1,05 kg que supone un 0,047%.

### Ejemplo. Comparación entre la catenaria y la parábola

Con un conductor HAWK calculamos las flechas para distintos vanos con un coeficiente de seguridad de 4. El conductor HAWK presenta una tensión de rotura de 8.820 kg y un peso unitario de 0,975 kg/m.

La flecha para la catenaria es:

$$f = \frac{T_O}{P} \left( \cosh \frac{aP}{2T_O} - 1 \right)$$

La flecha para la parábola es:

$$f = \frac{P a^2}{8 T_O}$$

Los valores que sustituimos son:

$$T = \frac{Q}{n} = \frac{8.820}{4} = 2.205 \text{ Kg.} \quad ; \quad P = 0,975 \text{ Kg/m.}$$

De esta forma elaboramos la tabla siguiente en la que aparece la longitud del vano en metros, la flecha para la catenaria y para la parábola en metros y la diferencia entre los dos valores expresada en tanto por ciento.

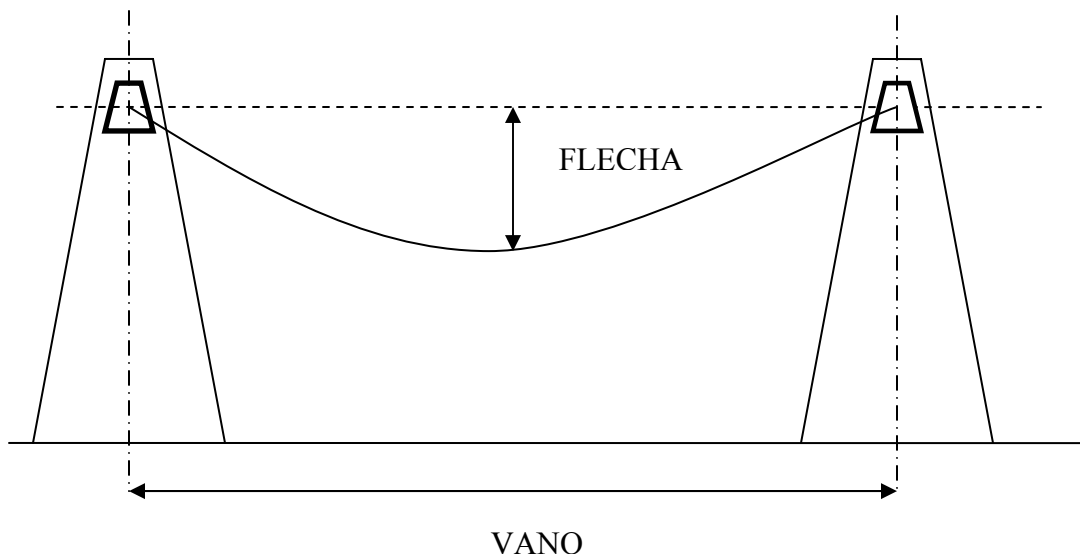
VANO	CATENARIA	PARABOLA	%
100	0,553	0,553	0,005
200	2,213	2,213	0,017
400	8,857	8,852	0,065
600	19,945	19,916	0,146
800	35,499	35,406	0,261
1000	55,548	55,322	0,407
1200	80,133	79,664	0,585

1400	109,302	108,432	0,796
1600	143,111	141,625	1,038
1800	181,627	179,244	1,312
2000	224,925	221,289	1,616

Como podemos comprobar de la observación de la tabla, es suficiente aproximación el empleo de la parábola, sobre todo para vanos inferiores a 1000 metros.

## COMPROBACION EN CAMPO DE LA CATENARIA O FLECHA

Se llama **vano** de una conducción aérea a la distancia entre apoyo y apoyo. Esta distancia, medida en metros, se denomina **luz**. Se llama **flecha o catenaria**, a la distancia entre la línea recta que pasa por los dos pntos de sujeción de un conductor en dos apoyos consecutivos, y el punto más bajo de este mismo conductor.



### DETERNIMACIÓN DE LA FLECHA DE LOS CONDUCTORES



La determinación de la flecha adecuada para cada instalación, es de gran importancia y, en cada caso, debe estudiarse detenidamente esta cuestión. La flecha depende de los siguientes factores, que se han de tomar en cuenta:

1. De la clase de material. Los cables de aluminio, por tener menor resistencia mecánica que los de cobre, necesitan una flecha mayor, a igual de las restantes condiciones de montaje.
2. El vano. Cuanto mayor es el vano, o distancia entre poste mayor habrá de ser la flecha.
3. De la sección del conductor. Para conductores del mismo material, el de mayor sección tendrá mayor peso y por consiguiente necesita una flecha mayor.
4. De la temperatura ambiente. A temperaturas más elevadas, mayor flecha.

El jefe de tendido debe de regular la flecha de acuerdo con las condiciones expresadas anteriormente, para que lo que ha de disponer de unas tablas en las que cada sección, y de acuerdo a las condiciones de tendido previamente determinadas por calculo, se expresan unas flechas, en función de las diferentes temperaturas ambiente y de las longitudes de los vanos.

La medición de la temperatura ambiente se realiza por medio de un termómetro suspendido de un poste y abrigado de la acción directa de los rayos del sol, debe evitarse la determinación y regularización de estas flechas en horas en que la variaciones de temperatura sean rápidas.

Una vez determinada la flecha mas adecuada, de acuerdo con los valores d las tablas, se procede a su medición sobre el terreno, durante el proceso de tensado de los conductores. Para esta medición existen numerosos procedimientos, como son los siguientes:

- Por visualización
- Por impulsos
- Por aparatos especiales

El procedimiento mas sencillo es por **visualización**, se mide desde el punto de suspensión del conductor **a**, hacia abajo, la flecha corresponde, en dos puntos contiguos; esta flecha se marca en le poste con una señal **b** . Durante el tensado del cable, se dirige una visual desde los uno de los poste, a ojo, o por medición de antejo, hasta el punto mas bajo del conductor quede en la línea de mira de **b** .

El procedimiento de medición de flecha por **impulsos** solamente necesita un cronometro; consiste en medir la velocidad de propagación de una onda producida por un choque en el extremo de la línea, y contar el tiempo que esta onda tarda en ir y volver. La flecha, expresada en centímetros, se calcula en función del tiempo medido por segundos, según la siguiente fórmula:

$$f = 30.8t^2 \text{ cm}$$

La forma de operar consiste en situar dos operadores, uno de ellos con el subido en le poste y otro con el cronometro en la base del poste. El primero da un golpe fuerte al cable a unos 25 cm del aislador y, en ese momento, se pone en marcha el cronometro; mientras tanto, el operador que esta subido en el poste

mantiene la mano sobre el conductor, si apoyarla, y va contando los impulsos o rebotes que recibe de la línea, en voz alta, y al llegar a 10, se para el cronómetro y se lee el tiempo transcurrido de hay se introducen los datos a la formula y se obtendrá la flecha requerida.

## 8. COORDINACION DEL AISLAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISION.

### COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

El procedimiento de coordinación de aislamiento de una línea debe efectuarse considerando los voltajes que pueden aparecer como son los transitorios en el sistema eléctrico al que está conectada.

El concepto coordinación de aislamiento, es el balance entre los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento, que son los sobrevoltajes por descargas o maniobras así como otras sobretensiones temporales como inducciones o contactos accidentales con otras líneas y el propio voltaje que soporta el aislamiento por su diseño. Para los propósitos de coordinación de aislamiento la especificación CFE-L0000-06, clasifica las líneas de subtransmisión por sus voltajes máximos de diseño en la categoría B y de acuerdo a la experiencia propia de C.F.E., se define que las sobretensiones que más afectan a éstos voltajes son las de origen por descargas atmosféricas, despreciando los de maniobras.

Derivado de su trazo, las líneas de subtransmisión pueden cruzar zonas con topografía difícil o accidentada y regiones con altos índices de densidad de rayos a tierra, éstas son las líneas que por lo general presentan más fallas por descargas atmosféricas.

Para reducir el número de salidas por esta causa, deben ser observados ciertos parámetros y muy particularmente se tienen que controlar los siguientes:

- La longitud de la cadena de aisladores
- El ángulo de blindaje, verificando el diseño de las estructuras.
- El sistema de conexión a tierra

Para entender la coordinación de aislamiento, es necesario establecer el concepto de *Tensión Crítica de Flameo (TCF)*, el cual se obtiene de la curva de probabilidades de flameo, la *TCF* se determina con pruebas de aplicación de voltajes y corresponde a aquel voltaje con el cual el aislamiento soporta con un 50 % de probabilidad, el producir rompimiento de su dieléctrico. A partir de este concepto se define el *Nivel Básico de Aislamiento al Impulso por Rayo (NBAI)*, como el voltaje en que se espera un 10% de probabilidad de flameo, considerando una desviación estándar del 3 %, con lo que resulta la expresión:

$$\text{NBAI} = 0,961\text{TCF}$$

#### 8.4.2 DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO

La longitud de una cadena de aisladores se debe diseñar para soportar los voltajes a los que es sometida, para ello es necesario observar dos conceptos: *Distancia de Fuga* de los aisladores en función de los

niveles y tipo de contaminación, y la *Longitud de la Cadena de Aisladores* que está dada por el voltaje de arqueo en aire entre conductores y estructura.

### **LONGITUD DE LA CADENA DE AISLADORES**

Esta longitud se calcula con base al voltaje de arqueo en aire entre el conductor y la estructura, el cual depende de la geometría de las puntas en donde se presente dicho arqueo, de forma empírica se ha obtenido el voltaje de arqueo en aire de algunos cuerpos geométricos utilizados como electrodos de referencia.

Con este criterio, de la tensión crítica de flameo para impulsos por rayo, se tiene:

$$d = TCF/Kco$$

donde:

**TCF** Es la tensión crítica de flameo a las condiciones del lugar donde se localiza la línea

**Kco** Es el factor de electrodo en aire *kr* corregido por la densidad de aire y humedad

El factor **Kr** es un voltaje de arqueo entre conductores y estructura que depende de la geometría de los electrodos o elementos que intervienen y su distancia en aire tomada de la especificación CFE-L0000-06, tabla 8.4.1. En ella, se proporciona el voltaje máximo de diseño, así como el NBAI para las líneas de subtransmisión dependiendo de su voltaje de operación, los cuales presentamos en la tabla 8.4.2.

Debido a las diferentes altitudes en las que operan las líneas de subtransmisión se hace necesario la corrección del **Kr** proporcionado en la tabla de la especificación, ya que éste es calculado a partir de los siguientes valores:

Temperatura ( $T_0$ ): 20 °C

Presión ( $b_0$ ): 1013 mbar (760 mm de Hg)

Humedad Absoluta ( $h_0$ ): 11 gramos de agua por metro cúbico

**TABLA 8.4.1 VALORES DE LOS FACTORES  $K_n$ ,  $K_m$  Y  $K_r$  PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE ENTRE-HIERRO, TOMADOS DE LA ESPECIFICACIÓN CFE-L0000-06**

CONFIGURACIÓN DE ENTRE-HIERRO	DIAGRAMA	$K_n$	$K_m$	$K_r$
FASE - TORRE		1.40	1.25	550
FASE - VENTANA DE TORRE		1.30	1.20	550
CONDUCTOR - SUELO		1.30	1.10	550
CONDUCTOR - OBJETO		1.45	1.35	550
VARILLA - PLANO		1.20	1.00	480
CONDUCTO - CONDUCTOR		1.65	1.50	550
ENTRE ANILLOS (EQUIPOTENCIALES) DE CONDUCTORES		-	1.60	550

**TABLA 8.4.2 NIVELES BÁSICOS DE AISLAMIENTO POR IMPULSO TIPO RAYO, NBAI Y NIVELES BÁSICOS DE AISLAMIENTO POR IMPULSO TIPO MANIOBRA, NBAM, DE FASE A TIERRA Y DE FASE A FASE Y DISTANCIAS MÍNIMAS DE FASE A FASE Y DE FASE A TIERRA, PARA DIFERENTES NIVELES DE TENSIÓN DE SUBTRANSMISIÓN**

TENSIÓN NOMINAL kV	TENSIÓN MÁXIMA kV	NBAI FASE-TIERRA kV	NBAM FASE-TIERRA kV	NBAI FASE-FASE kV	NBAM FASE-FASE kV	DISTANCIA FASE-TIERRA mm	DISTANCIA FASE-FASE mm
4.4	4.4	75	-	75	-	120	120
6.9	7.2	95	-	95	-	160	160
13.8	15.5	110	-	110	-	220	220
24	26.4	150	-	150	-	320	320
34.5	38	200	-	200	-	480	480
69	72.5	350	-	350	-	630	630
115	123	450 550	-	450 550	-	900 1100	900 1100
138	145	450 550 650 550	-	550 650 650 650	-	1100 1300 1100	1100 1300 1300
161	170	650 750	-	650 750	-	1300 1500	1500

Las características eléctricas del soporte, calculadas a condiciones normalizadas se deterioran con la presión atmosférica y ésta disminuye con el aumento de la altitud y la temperatura, al aumentar la humedad las tensiones de soporte aumentan hasta antes de que se condense la humedad en la superficie del conductor, por lo tanto, deben considerarse los siguientes factores de corrección:

Factor de corrección por densidad de aire ( $K_{da}$ ):

$$K_{da} = (b/b_0) * ((273+T_0)/(273+T))$$

donde:

T= Temperatura ambiente en grados centígrados

B= Presión barométrica en mbar

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente de condiciones estándar (20 °C)

b<sub>0</sub> = Presión barométrica en condiciones estándar (1013 mbar)

Con el valor de la altitud y/o presión atmosférica, se puede obtener el valor del factor de corrección  $K_{da}$  de la Tabla 8.4.3

El factor de corrección por humedad ( $K_h$ ), es un factor que depende de la humedad absoluta del sitio en gr/m<sup>3</sup> que se obtiene de la Figura 8.4.1.

Conocidos la temperatura del bulbo húmedo del lugar y la humedad relativa del aire más críticas de las regiones por donde cruza la línea y teniendo el valor de humedad absoluta, por medio de la Figura 8.4.2 obtenemos el valor de  $K_h$ , considerando los factores de corrección por humedad y por densidad de aire se puede obtener con la relación:

$$K_{co} = K_r(K_{da}/K_h)$$

## DISTANCIA DE FUGA

La distancia de fuga de un aislador se define como la distancia más corta, o la suma de distancias más cortas a lo largo del contorno de la superficie externa del material aislante, la relación entre esta distancia y el voltaje máximo de fase a fase o de fase a tierra determina las distancias específicas de fuga entre fases o fase a tierra, respectivamente. El cálculo del número de aisladores partiendo de la distancia de fuga para un voltaje máximo, está dada por la fórmula:

$$D_{ftc} = D_{fnn} V_m k$$

donde:

$D_{ftc}$  = Distancia de fuga total de la cadena de aisladores en mm

$D_{fnn}$  = Distancia de fuga mínima nominal en mm/kV tomada de la especificación CFE-L0000-06.

$V_m$  = Voltaje máximo del sistema en KV proporcionado en la especificación CFE-L0000-06

$k$  = Factor de corrección por diámetro de los aisladores y que puede ser:

$k = 1,0$  para aisladores de suspensión o tipo cadena y para aisladores tipo poste con diámetro menor a

300 mm

$k = 1,10$  para aisladores tipo poste con diámetro mayor que 300 mm y menor o igual que 500 mm

$k = 1,20$  para aisladores tipo poste pero con diámetro mayor que 500 mm

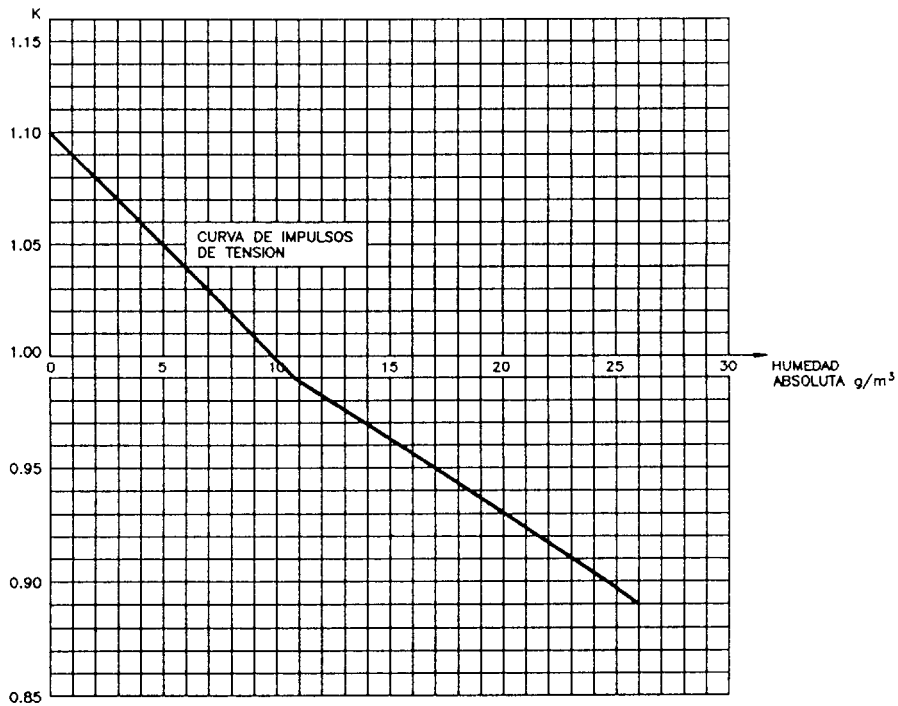
Para el cálculo de estas distancias se toma un factor de 1.05 veces la distancia de fase a tierra, por los herrajes que llevan las cadenas y en su caso los aisladores tipo poste.

El número de los aisladores ( $NA$ ) esta determinado por la siguiente expresión:

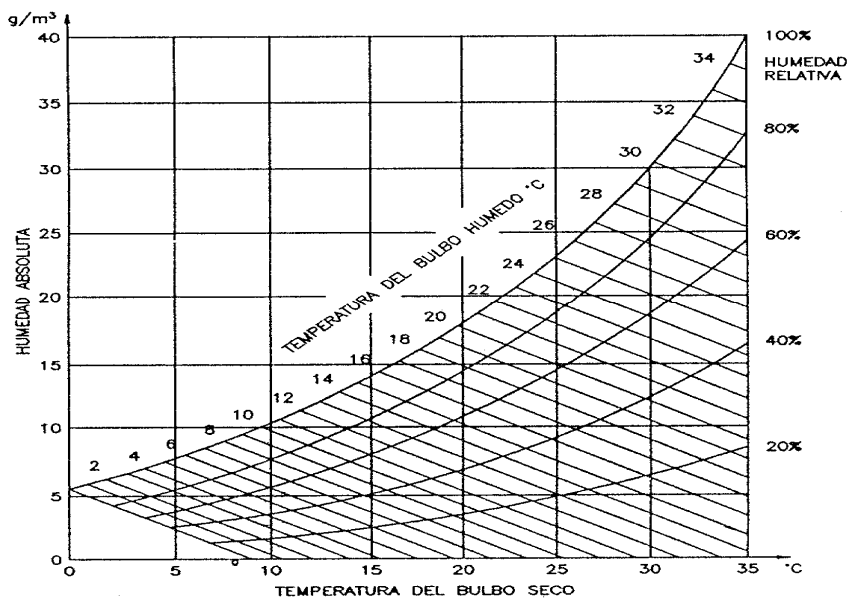
$$NA = \frac{(1,05 * (\text{DISTANCIA DE FUGA TOTAL}))}{(\text{DISTANCIA DE FUGA DEL AISLADOR SELECCIONADO})}$$

**TABLA 8.4.3 FACTORES DE CORRECCIÓN POR PRESIÓN ATMOSFÉRICA A DISTINTAS ALTITUDES**

ALTITUD EN METROS	PRESIÓN		FACTOR DE CORRECCIÓN Kda	ALTITUD EN METROS	PRESIÓN		FACTOR DE CORRECCIÓN Kda
	mbar	mm Hg			mbar	mm Hg	
0	1013	760	1.00	2500	747	560	0.737
100	1001	751	0.988	2600	739	554	0.728
200	989	742	0.976	2700	728	546	0.718
300	977	733	0.965	2800	720	540	0.710
400	968	726	0.954	2900	708	531	0.698
500	955	716	0.942	3000	701	526	0.692
600	943	707	0.931	3100	692	519	0.683
700	932	699	0.919	3200	683	512	0.674
800	921	691	0.908	3300	675	506	0.665
900	909	682	0.897	3400	665	499	0.656
1000	905	679	0.893	3500	656	492	0.647
1100	888	666	0.876	3600	648	486	0.639
1200	877	658	0.866	3700	639	479	0.629
1300	867	650	0.855	3800	629	472	0.621
1400	856	642	0.845	3900	621	466	0.613
1500	845	634	0.834	4000	613	460	0.605
1600	836	627	0.824	4100	605	454	0.597
1700	825	619	0.814	4200	597	448	0.590
1800	815	611	0.804	4300	591	443	0.583
1900	805	604	0.794	4400	584	438	0.576
2000	795	596	0.784	4500	577	433	0.569
2100	785	589	0.774	4600	571	428	0.562
2200	775	581	0.765	4700	563	422	0.555
2300	765	574	0.756	4800	556	417	0.549
2400	756	567	0.746	4900	549	412	0.542



**FIGURA 8.4.1 FACTOR K DE CORRECCIÓN POR HUMEDAD EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD ABSOLUTA**



**FIGURA 8.4.2 HUMEDAD ABSOLUTA DEL AIRE EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE BULBO SECO, BULBO HÚMEDO Y DE LA HUMEDAD RELATIVA EN PORCIENTO**



**EJEMPLO:** La Línea de Subtransmisión 73690 Tepazolco-Tlacotepec opera a una altitud de 2000 m.s.n.m. con una humedad relativa y temperatura promedios de 70 % y 10<sup>0</sup>c respectivamente durante las noches. Sabemos que el NBAI, para condiciones normalizadas de una L ST que opera a 115 KV es de 550 KV. Calcular el número de aisladores que deben llevar las cadenas de sus estructuras considerando un nivel de contaminación ligera.

De la tabla 8.4.3 obtenemos  $K_{da} = 0.784$

De la Figura 8.4.2 obtenemos  $7 \text{ gr/m}^3$ , y con este valor en la Figura 8.4.1 nos da una  $K_h = 1.03$

En base a la distancia en aire por sobretensiones de impulso:

El NBAI para un voltaje de 115 kV es de 550 KV, obtenido de la Tabla 8.4.2, por lo tanto:

$$TCF = NBAI/0.961 = 550/0.961 = 572.3 \text{ KV}$$

Se obtiene  $K_r = 550$  de la Tabla 8.4.1 para fase a estructura, entonces:

$$K_{co} = K_r(K_{da}/K_h) = 550(0.784/1.03) = 418.6$$

$$d = TCF/K_{co}$$

$$d = 572.3/418.6 = 1.367 \text{ m}$$

Si usamos los aisladores 27SVC111 que tienen un paso de 146 mm tenemos:

$$NA = 1.367/0.146 = 9.4 \approx \underline{\underline{9 \text{ aisladores}}}$$

En base a los niveles de contaminación:

Para 115 KV tenemos un voltaje máximo de 123 kV, obtenido de la Tabla 8.4.2 y la distancia específica de fuga para contaminación tipo ligero es 28 mm/kV, por lo tanto:

$$D_{fct} = 28(123/1.732)1.0*1.05 = 2087.8 \text{ mm}$$

$$NA = 2087.8/279 = 7.48 \approx \underline{\underline{8 \text{ aisladores}}}$$

## 9. **NORMATIVIDAD APLICADA A LAS LÍNEAS DE TRANSMISION.**

Referente a las Normas y leyes oficiales que se requieren para el uso y construccion de las lineas e instalaaciones Electricas es necesario Respetar y Comprender como estan costituidos y el orden de importancia de cada una de estas y les recuerdo que el **no conocerlas no los exime de las responsabilidades.**

**Las leyes son obligatorias de no cumplirse se es acreedor a que la instalcion no sea energizadas, multas o la prision en la actualidad esto ultimo esta de moda por lo cual los nuevos Ingenieros y los ya egresados se deben de estar actualizando y preparase como son:**

Lo mas importante que existe en Mexico es primeramente

### **1. – Constitución de los Estados Unidos Mexicanos**

Es el documento supremo de la nacion del cual se derivan las leyes de los articulos

Articulo 27 y Articulo 28

**2.- Leyes Mexicanas: Son Generales y aprobadas por los diputados las cuales de no respetarse se pueden fincar responsabilidades tanto a personas fisicas, morales(empresas) o funcionarios**

a) Ley de Servicio Publico de Energia Electrica

b) Ley de Obra publica

c) Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFSMN) y su Reglamento (RLFSMN)

d) Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y su Reglamento (RLSPEE)

e) Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas

### **3.- Reglamentos:**

a) Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en Materia de Aportaciones

b) Reglamento de la ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

**b) El Artículo 2 de el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica** la cual fue avalada por la **Comisión Federal de Electricidad** y Clasifica a la tensiones de operación.

#### 4.- Normas Oficiales Mexicanas:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, "Instalaciones Eléctricas (utilización)"

#### 5.- Normas de Referencias

IEEE, ANSI es una Norma de Referencia muy utilizada en México como la

Para un mejor diseño y normalización se han creado Normas de Referencia las cuales no fueron publicadas como leyes individuales como la NOM pero si dentro del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones por lo cual se debe de respetar si se desea interconectar al sistema eléctrico nacional de CFE o de Luz y Fuerza en las cuales van de por medio la experiencia de más de 70 años de ingenieros de la Comisión Federal de Electricidad como son para líneas:

CPTT-GT-001-95 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE SUBESTACIONES  
CPTT-GT-002-95 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE SUBESTACIONES  
CPTT-CON01 FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO EN ESTRUCTURAS DE SUBESTACIONES ELECTRICAS Y LÍNEAS DE TRANSMISION  
CPTT-GT-SD-01 MANUAL DE REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL PARA OBRAS EN CONSTRUCCION S/N LINEAMIENTOS Y ESPECIFICACIONES GENERALES DE SISTEMAS INTEGRALES DE SEGURIDAD FISICA PARA SUBESTACIONES  
CPTT-SC-01 LINEAMIENTOS PARA EL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD  
CPTT-SDLS-02/89 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARTICULARES PARA TABLEROS DE SERVICIOS PROPIOS DE C.A. Y C.D.  
CPTT-GT-SS-01 TERMINOS QUE DEBERAN ACATAR LOS CONTRATISTAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SUBESTACIONES ELECTRICAS, DE ACUERDO CON LO ESTABLECIDO EN LA LEGISLACION AMBIENTAL VIGENTE  
CPTT-GT-IE-01 RELACION DE DOCUMENTOS TECNICOS QUE INTEGRAN EL CABLEADO NORMALIZADO DE SUBESTACIONES  
CPTT-GT-SD-02 GUIA PARA LA PREVENCION, CONTROL Y EXTINCION DE INCENDIOS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS  
CPTT-GT-SD-03 BASES TECNICAS PARA LA ADQUISICION E INSTALACION DE SISTEMA CORTAFUEGO DE SELLOS DE APERTURA  
CPTT-GT-SD-04 PRUEBAS PREOPERATIVAS EN SUBESTACIONES DE POTENCIA (ALCANCES DEL CONTRATISTA)  
CPTT-GT-SS-03 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACION DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION AMBIENTAL APLICABLE A LA ETAPA DE CONSTRUCCION DE LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES ELECTRICAS  
CPTT-GT-IE-02 RELACION DE ESPECIFICACIONES OFICIALES DE CFE APLICABLES EN PAQUETES DE SUBESTACIONES  
CPTT-GT-SD-05 ESPECIFICACION PARA CONSTRUCCION DE LINEAS DE TRANSMISION DESDE 115 kV HASTA 400 kV  
CFE-DDLT-EPLT-9705 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTOS DE LINEAS DE TRANSMISION  
CPTT/DDLT/950131/REV-01 ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISION  
LPC 2035 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE LINEAS AERÉAS DE SUBTRANSMISION DE 69 A 138 kV A TRAVES DE CONTRATISTAS  
CFE-DDLTSDE-9603 LINEAMIENTOS GENERALES PARA PROYECTOS DE LÍNEAS DE TRANSMISION SUBTERRANEAS PARA CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS  
S/N NORMAS DE DISTRIBUCION CONSTRUCCION LÍNEAS SUBTERRANEAS LINEAS DE SUBTRANSMISION DE 69 A 138 kV  
CFE EM-BT101 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA URBANA, RED AEREA, CON BARRA FRONTAL  
CFE EM-BT102 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA URBANA, RED AEREA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD  
CFE EM-BT103 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA URBANA, RED AEREA, CON BARRA LATERAL  
CFE EM-BT104 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA URBANA, RED SUBTERRANEA, CON BARRA FRONTAL  
CFE EM-BT105 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD  
CFE EM-BT106 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, EN ZONAS DE ARQUITECTURA COLONIAL  
CFE EM-BT107 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, EN ZONAS DE ARQUITECTURA COLONIAL

CFE EM-BT108 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA SUBURBANA, RED AEREA, CON BARDA FRONTAL

CFE EM-BT109 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA SUBURBANA, RED AEREA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT110 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA RURAL, RED AEREA, CONSTRUCCION AL LIMITE DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT111 ESPECIFICACION PARA SERVICIO MONOFASICO CON CARGA HASTA 5 kW EN BAJA TENSION, AREA RURAL, RED AEREA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT201 ESPECIFICACION PARA SERVICIO BIFASICO CON CARGA HASTA 10 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, CON BARDA FRONTAL

CFE EM-BT202 ESPECIFICACION PARA SERVICIO BIFASICO CON CARGA HASTA 10 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT203 ESPECIFICACION PARA SERVICIO BIFASICO CON CARGA HASTA 10 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, CON BARDA LATERAL

CFE EM-BT204 ESPECIFICACION PARA SERVICIO BIFASICO CON CARGA HASTA 10 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, CON BARDA FRONTAL

CFE EM-BT205 ESPECIFICACION PARA SERVICIO BIFASICO CON CARGA HASTA 10 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT206 ESPECIFICACION PARA SERVICIO BIFASICO CON CARGA HASTA 10 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, EN ZONAS DE ARQUITECTURA COLONIAL

CFE EM-BT207 ESPECIFICACION PARA SERVICIO BIFASICO CON CARGA HASTA 10 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, EN ZONAS DE ARQUITECTURA COLONIAL

CFE EM-BT301 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA HASTA 25 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, CON BARDA FRONTAL

CFE EM-BT302 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA HASTA 25 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT303 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA DE 26 kW A 50 kW BAJA TENSION, RED AEREA, CON BARDA FRONTAL

CFE EM-BT304 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA DE 26 kW A 50 kW BAJA TENSION, RED AEREA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT305 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA HASTA 25 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, CON BARDA FRONTAL

CFE EM-BT306 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA HASTA 25 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT307 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA DE 26 kW A 50 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, CON BARDA FRONTAL

CFE EM-BT308 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA DE 26 kW A 50 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, CONSTRUCCION AL FONDO DE LA PROPIEDAD

CFE EM-BT309 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA DE HASTA 25 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA, EN ZONAS DE ARQUITECTURA COLONIAL

CFE EM-BT310 ESPECIFICACION PARA SERVICIO TRIFASICO CON DEMANDA CONTRATADA DE 25 kW A BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA, EN ZONAS DE ARQUITECTURA COLONIAL

CFE EM-BT401 ESPECIFICACION PARA CONCENTRACION DE SERVICIOS CON CARGA TOTAL HASTA 30 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA

CFE EM-BT402 ESPECIFICACION PARA CONCENTRACION DE SERVICIOS CON CARGA TOTAL HASTA 30 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA

CFE EM-BT403 ESPECIFICACION PARA CONCENTRACION DE SERVICIOS CON CARGA TOTAL MAYOR A 30 kW EN BAJA TENSION, RED AEREA

CFE EM-BT404 ESPECIFICACION PARA CONCENTRACION DE SERVICIOS CON CARGA TOTAL MAYOR A 30 kW EN BAJA TENSION, RED SUBTERRANEA

CFE GWH00-01 WATTHORIMETROS MONOFASICOS

CFE PCM-BT PROCEDIMIENTO PARA LA CONEXION Y MEDICION DESERVICIO EN BAJA TENSION

CFE- LPC-2000 MANUAL DE DISEÑO DE LÍNEAS AEREAS DE SUBTRANSMISION

EN EL CASO DE LUZ Y FUERZA FAVOR DE REVISAR EL POR PARTE DE LA COMISION REGULADORA DE ENERGIA y el

El ARTICULO fracción V del artículo 3o. del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones. EL ANEXO 2 DE LA RESOLUCIO No. RES/094/99

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

CFE-J6100-5 4-199 5 DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE POSTES METÁLICOS PARA LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN.

CFE-J1000-5 0-199 4 DISEÑO DE TORRES PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

CFE-JA100-04-1981 ESTRUCTURAS DE ACERO.

CFE-J61TD-58 DISEÑO DE POSTE METÁLICO TRONCOCÓNICO DODECÁGONO DMP.  
CFE-J6301-53-1993 POSTES DE CONCRETO REFORZADO DE SECCIÓN I.  
CFE-J6200-01-1979 POSTES DE MADERA.  
CFE-D8CME-07-19 86 PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.  
CFE-56100-16-2000 ELECTRODOS DE TIERRA.  
CFE-E0000-21-2002 CABLE DE GUARDA CON FIBRAS ÓPTICAS.  
NFR-023-2003 HERRAJES Y ACCESORIOS.  
CFE-E0000-12-19 86 CABLES DE ALUMINIO CON CABLEADO CONCENTRICO Y ALM A DE ACERO (ACSR).  
CFE-E0000-22-1987 CABLE DE GUARDA.  
NRF-024-2003 CABLES DE POTENCIA MONOPOLAR DE 5 KW A 35KV  
NRF-018-2004 AISLADORES DE SUSPENSIÓN DE PORCELANA O DE VIDRI O TEMPLADO.  
**NRF-014-2002 DERECHOS DE VÍA.**  
NMX-J-431-ANCE CABLE DE MEDIA Y ALTA TENSION XLP  
CFE-L0000-55-19 67 DERECHO DE VÍA COMPARTIDO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 115 kV O MAYORES Y DUCTOS METÁLICOS SUBTERRÁNEOS.  
NMX-J-150-1-ANCE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO PARTE 1: ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA.  
NRF-005-2000 AISLAMIENTOS DE SUSPENSION SINTETICO PARA TENSIONES DE 13.8 A 138KV  
NRF-006-2001 CUCHILLAS PARA LINEAS Y REDES DE DISTRIBUCION.  
NRF-007-2001 AISLADORES SOPORTE TIPO COLUMNA  
NRF-015-2003 REQUERIMOS PARA LA CONSTRUCCION DE DUCTOS METALICOS EN PARALELO Y EN CRUCES, EN LINEAS DE TRANSMISION DE 115KV O MAYORES

#### a) Pruebas eléctricas de fabricación

Estos ensayos incluyen las pruebas para determinar las tensiones disruptivas en aisladores a frecuencia industrial y ante impulso. Estas pruebas se describen con detalle en la norma ANSI C 29.1-1982. pruebas de Aislamientos

Por ultimo les Anexo un resumen de lo requerido para un proyecto de lineas el cual es a titulo personal, profesional de acuerdo con las leyes y otras con la experiencia obtenida durante estos 5 y medio años de Experiencia en el medio.

### **A. EN EL PROYECTO SE CONSIDERAN LOS SIGUIENTES ASPECTOS:**

1. Voltaje de operación.
2. Número de circuitos.
3. Calibres normalizados del conductor y cable de guarda.
4. Estructura normalizada.
5. Mecánica de suelos.
6. Sistemas de tierras.
7. Protección catódica
8. Altura de operación sobre el nivel del mar.
9. Niveles de contaminación.
10. Accidentes topográficos.

11. Derechos de vía o servidumbres de paso.
12. Parámetros normalizados para cables.
13. Límites de tracción para cables.
14. Libramientos al suelo.
15. Libramientos a vías de comunicación.
16. Libramientos a otros circuitos.
17. Tablas de flechas y tensiones.
18. Caminos de acceso.
19. Bodega de concentración de materiales.
20. Gestión de permisos para la ocupación de derechos de vía o cruzamientos con vías de comunicación (FFCC o SCT)
21. Gestión de permisos e indemnizaciones por Servidumbre de Paso
22. Gestión del informe preventivo de impacto ambiental

**B. PARA EL PROYECTO DE DETALLE SE DEBE PREPARAR LA SIGUIENTE INFORMACION:**

3. Plano de planta y perfil, en cuadrículado milimétrico, escala vertical 1:200, escala horizontal 1:2000 (1:500 en terreno abrupto), en tramos de 2 km con traslapes, conteniendo la siguiente información:
  - a. Numeración y tipo de estructuras.
  - b. Contraperfiles.
  - c. Libramientos.
  - d. Longitud de claros.
  - e. Parámetros y características de los conductores y cable de guarda.
  - f. Cantidad y tipo de aisladores de cadenas de suspensión y remate.
  - g. Cruzamientos con otras redes o vías de comunicación.
  - h. Interferencias con otras redes o vías de comunicación.
  - i. Kilometrajes de estaciones, cruzamientos y en estructuras.
  - j. Afectaciones y usos del suelo.
  - k. Curvas de conductores a 50°C.
  - l. Curvas de conductores a temperatura mínima donde se requiera.
4. Planos de detalle de acometidas y estructuras especiales.
5. Planos de detalle de cruzamientos con vías de comunicación o interferencias con las diferentes dependencias, y trámites de permisos correspondientes (CFE, SCT, FFCC, PEMEX, etc.)
  6. Lista de materiales y estructuras
  7. Detalle de estructuras y/o arreglos típicos.
  8. Detalles de cimientos.
  9. Detalles de tierra.
  10. Detalles de protección catódica.
  11. Detalles de protecciones a estructuras en área urbana.
  12. Resumen de estructuras indicando:
    - . Numeración y kilometraje de estructuras.
    - a. Tipo de estructuras.
    - b. Claros de viento y de peso.

- c. Angulos de deflexión.
- d. Usos del suelo.
- e. Cruzamientos y sus libramientos.
- 13. Curvas de tendido y tabulación de Flechas y tensiones:
  - . En condiciones críticas según la región, a temperatura mínima y presión máxima de viento.
    - a. Tabulaciones de tendido a cada 5°C desde 0°C a 50°C.
    - b. Comprobación de límites de tracción.
- 14. Relación de afectaciones y documentación de permisos e indemnizaciones.
- 15. Relación de interferencias con otras redes eléctricas.
- 16. Catálogo de conceptos para concurso.
- 17. Resolución favorable de INE-SERMANAP y/o permisos de construcción según proceda.

<b>PARAMETROS RECOMENDADOS PARA DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURA</b>			
<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>TORRES DE ACERO UTOSOPORTADAS</b>	<b>POSTES DE ACERO UTOSOPORTADOS</b>	<b>POSTES DE MADERA CON RETENIDAS</b>
<b>APLICACION EN:</b>	<b>AREA RURAL</b>	<b>AREA URBANA</b>	<b>AREA RURAL</b>
<b>PARAMETROS USUALES A Temp. max. 50°C</b> <b><u>TENSION (kg)</u></b> <b>P.U. DEL CABLE (kg/m)</b>	1600-1800	600-800	1100-1200
<b>CLAROS REGLA (metros)</b>	350-450	150-200	170-200
<b>LIBRAMIENTOS AL SUELO EN EL PUNTO MAS BAJO DE LA CATENARIA (metros)</b>	8	12	8
<b>CALIBRES USUALES DE CONDUCTOR.</b>	ACSR 477 KCM ACSR 795 KCM ACSR 900 KCM ACSR 1113 KCM	ACSR 795 KCM ACSR 900 KCM ACSR 1113 KCM	ACSR 266 KCM CSR 477 KCM
<b>DISPOSICION DE CONDUCTORES</b>	TRIANGULAR	VERTICAL	HORIZONTAL

## 10.GLOSARIO.

**Acabado**

Es la capa o capas final (es) de recubrimiento con propiedades de resistencia al ambiente, pudiendo cumplir además funciones estéticas.

**Adhesión**

Es la tendencia de un recubrimiento a permanecer unido a una superficie.

**Aislamiento**

Elemento no conductor que se interpone para evitar el flujo de la corriente eléctrica de un punto a otro elemento o medio que separa 2 o más cosas. Efecto de aislar.

**Ambiente Marino**

Son lugares a los que llegan arrastras de sales provenientes del mar, dependiendo de la topografía y condiciones meteorológicas locales.

**Ambiente Industrial**

Son los lugares sujetos a la acción continua o intermitente de gases, humos y polvos industriales o urbanos.

**Amortiguador**

Elemento que modera en los conductores aéreos la amplitud de una onda causada por viento, golpe o vibración.

**Aplicación**

Es el procedimiento mediante el cual se deposita un recubrimiento sobre las superficies.

**Biocenosis Acuosa**

Son los ambientes propios al desarrollo de organismos vivos.

**Cable de Conductor**

Elemento de una línea eléctrica que tiene como función específica la transmisión de corriente.

**Cable de Retorno Negativo**



En un sistema de protección catódica es el cable que se instala de la torre de acero (cátodo general) al polo negativo de la batería.

**Cable de Guarda**

Cable metálico instalado en la parte superior de la estructura de Líneas de Transmisión de Energía Eléctrica, con el propósito de evitar que las descargas atmosféricas incidan sobre los conductores de fase al drenarlas a tierra.

**Catenaria**

Curva que forma un conductor colgado de dos puntos.

**Claro Regla**

Longitud del claro en el cual la tensión en el cable bajo cambios de temperatura y carga coincidirá mas aproximadamente con la tensión promedio en una serie de claros con longitudes diferentes entre remates.

**Claro**

Es la parte de una línea aérea comprendida entre dos estructuras consecutivas.

**Claro Medio Horizontal o claro de viento de una estructura**

Es la semi-suma de los valores de los dos claros adyacentes a la estructura de referencia.

**Claro Vertical o Claro de Peso de una estructura**

Es el valor de la distancia horizontal existente entre los dos puntos más bajos de las catenarias adyacentes a la estructura de referencia.

**Componente volátil**

Es la parte del recubrimiento que se evapora y que proporciona fluidez al mismo.

**Condiciones de Exposición**

Es el conjunto de características físicas y químicas a las que esta sujeta una superficie a recubrir.

**Corrosión**

Es el deterioro de un material (generalmente un metal) o de sus propiedades debido a la interacción con su ambiente.

**Cátodo General**

Todas las estructuras metálicas instaladas en las líneas de transmisión de energía eléctrica.

**Derecho de Vía**

Es la faja de terreno que sirve como zona de protección en la que se alojan las líneas de transmisión o ductos subterráneos, cuyo ancho depende de la tensión de las líneas y del diámetro de los ductos y que tiene por objeto brindar la mayor seguridad para su operación y mantenimiento para evitar daños tanto a las instalaciones como a terceros.

**Diagrama Unifilar**

Es aquel que muestra las conexiones entre dispositivos, componentes, partes de un circuito eléctrico o de un sistema de circuitos presentados mediante símbolos.

**Electrodo de Referencia**

También se les denomina media celda y es un metal pero en presencia de sus mismos iones.

**Electrodo de Tierra**

Cuerpo conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados en contacto íntimo con la tierra y destinados a establecer una conexión con la misma.

**Electrodo**

Cada una de las terminales de un circuito eléctrico de corriente directa.

**Escama de laminación**

Es la capa de óxidos, formada en una superficie metálica durante su fabricación y que puede presentarse en dos formas. Fuertemente Adherida. Suelta.

**Espesor Húmedo**

Es el espesor de la capa del recubrimiento inmediatamente después de aplicado.

**Espesor Seco**

Es el espesor de la capa del recubrimiento que permanece en la superficie una vez alcanzado su secado duro.

**Estructura**

Es el conjunto de elementos de un sistema constructivo que constituye la base de soporte mecánico de las líneas de transmisión de energía eléctrica.

**Flecha**

Es la distancia medida verticalmente desde el conductor hasta una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte, a menos que otra cosa se indique, la flecha siempre se mide en el punto medio del claro.

**Grado de Saturación**

Es la relación de la humedad específica real a la humedad específica del aire saturado a la temperatura de bulbo seco.

**Herrajes y Accesorios**

Son dispositivos que se utilizan para sujetar el conductor cable de guarda y las cadenas de aisladores a las estructuras o postes de las líneas de transmisión o subtransmisión.

**Herrajes**

Tornillería y pailería en pequeña escala.

**Humedad Específica**

La humedad específica o relación de humedad se define como la relación de la masa de vapor a la masa de gas no condensable.

**Humedad Relativa**

Es la relación de la masa real de vapor a la masa de vapor requerida para producir una mezcla saturada a la misma temperatura.

**Inhibidor de Corrosión**

Es la Substancia que atenúa o controla la acción de la corrosión.

**Inhibidor Fase-Vapor**

Es un compuesto orgánico que acercado al ambiente se vaporiza controlando y reduciendo la acción de la corrosión en las superficies metálicas.

**Inmersión**

Son las condiciones de exposición de las superficies que están en contacto continuo con un líquido.

**Libramiento a tierra**

Distancia apropiada entre el circuito eléctrico y tierra.

**Línea de Subtransmisión Aérea**

Es aquella que transmite energía eléctrica a través de conductores desnudos, tendidos en espacios abiertos y que están soportados por estructuras o postes con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

**Nivel Cerámico**

Número de días con tormentas eléctricas registradas en un año.

**Nivel de Aislamiento**

Conjunto de los valores de tensión (a la frecuencia del sistema y al impulso) que caracterizan el aislamiento de un material con relación a su aptitud para resistir los esfuerzos dieléctricos.

**Nivel de protección contra impulso**

Tensión máxima (valor de cresta) que se puede aplicar a un aislamiento como valor nominal de aguante.

**Parámetro**

Es el valor resultante de la tensión mecánica aplicada a un conductor entre el peso del mismo a una temperatura de 50 °C.

**Perfil**

Contorno de una cosa vista perpendicularmente a uno de sus lados o dibujo que representa el corte transversal de la trayectoria de una Línea de Subtransmisión, y en el cual se localizan las estructuras y las catenarias de los cables.

**Recubrimiento Anticorrosivo**

Es un material que se aplica sobre una superficie, con la finalidad de protegerla de la acción de la corrosión, aislándola del ambiente en que se encuentra y cuyo espesor es mayor de 50 micrómetros. (2 mils).

**Resistividad**

Es la resistencia específica de un material en ohm-cm que se determina sobre una muestra del mismo que tenga un cm de longitud y un cm<sup>2</sup> de sección transversal.

**Sustancias Contaminantes (en una superficie)**

Es cualquier sustancia extraña a la superficie tal como: sales, polvos, aceite, grasa, suciedad, óxidos, escamas de laminación o agua.

**Sistema de Tierras**

Conjunto de elementos para disipar la corriente de falla o de descargas atmosféricas en Líneas de Subtransmisión; incluye: cable de guarda, cola de rata, estructura, conductor a tierra, tierra natural o artificial y electrodos.

**Sobretensión**

Tensión anormal entre dos puntos de un sistema cuyo valor es mayor que el valor más elevado que puede existir entre dichos puntos en servicio normal.

**Temperatura Máxima**

Dentro de una serie de datos estadísticos la temperatura máxima, es el valor máximo de temperatura registrado  
(50 °C).

**Temperatura mínima**

Dentro de una serie de datos estadísticos la temperatura mínima es el valor mínimo de temperatura registrado  
(-10 °C).

**Temperatura Media**

Es el valor de temperatura registrado en condiciones no extremas en nuestro caso (20 ° C).

**Tensión Mecánica de Ruptura**

Esfuerzo último a la tensión que soportan los conductores.

**Voltaje de Paso (Vp)**

Es la tensión que resulta entre los pies de una persona apoyada en el suelo a la distancia de un metro.

**Voltaje Eléctrico**

Es la diferencia de potencial eficaz (RMC) entre dos fases. Los voltajes son valores nominales a menos que se indique otra cosa. El voltaje nominal de un sistema o circuito es el valor de designación del mismo al que están referidas ciertas características de operación. El voltaje de operación puede variar arriba o abajo de este valor.

**Voltaje de un circuito efectivamente conectado a tierra.**

Es la tensión nominal entre cualquier fase de circuito y tierra.

**Tensión de Contacto (Vc)**

El voltaje al cual se puede ver sometido el cuerpo humano por contacto con una carcasa o estructura metálica de una máquina, aparato eléctrico o estructura de montaje, que en condiciones normales no se encuentra con tensión.

Resistencia eléctrica del cuerpo humano la resistencia interna de cuerpo humano es de aproximadamente de 200  $\Omega$  la resistencia de contacto entre una mano y un conductor o una parte metálica bajo tensión varia dentro de límites muy amplios, según sea la extensión y la naturaleza de la superficie de contacto de la naturaleza de la piel de las personas (lisa o callosa), del grado de humedad de la piel, etc.

La resistencia de contacto entre el pie y el suelo condiciones del calzado y del suelo, por citar alguna cifra que sirva como ejemplo se puede decir que la resistencia del cuerpo humano (incluyendo la resistencia de contacto) puede alcanzar valores del orden de 200,000  $\Omega$  en el caso de una persona con manos callosas y secas con calzado para trabajo eléctrico y suelo seco, y puede descender a valores del orden de 500  $\Omega$  en el caso de personas con manos lisas y húmedas, con calzado normal y en suelo buen conductor (baja resistividad superficial).

En la mayoría de los casos la resistividad de contactos es elevada por lo que de acuerdo con las normas internacionales se recomienda una resistividad de 3000  $\Omega$ .

### **Voltaje de Diseño**

Voltaje asignado a un circuito o sistema de clase de tensión conocida para propósitos de diseño.

### **Tensiones de Seguridad**

Se recomienda que en ningún punto de una instalación eléctrica se deben presentar tensiones de paso o de contacto superiores a los siguientes valores:

-60 V cuando no se prevé la eliminación rápida de una falla de líneas a tierra.

-120 V cuando la falla se elimine en un período máximo de un segundo.

### **Voltaje de Umbral de Ionización**

Valor eficaz del voltaje a la frecuencia del sistema para la cual empiezan a aparecer los efluvios. La medida de intensidad se hace bajo condiciones especificadas.

### **Transposición**

Cambio de la posición de los conductores de una línea con el objeto de establecer una simetría eléctrica adecuada entre dichos conductores, entre estos y tierra o con relación a líneas vecinas.

### **Vibración Eólica**

Son las vibraciones que se producen como resultado de la acción del viento, que ocasiona presiones alternas y desbalanceadas que mueven el cable hacia arriba y hacia abajo.

**Zona Climática**

Es la agrupación de zonas de la República Mexicana, conforme a condiciones meteorológicas similares.

Zona Climática seca, desértica o estepario son zonas con poca lluvia, precipitaciones pluviales anuales menores de 320 mm y con temperaturas medias anuales alrededor de 18 °C y la del mes frío entre -3 °C y 18 °C.

**Zona Rural**

Son las localidades o áreas con menos de 2500 habitantes.

**Zona Urbana**

Son localidades o áreas con 2500 habitantes o más, o bien las cabeceras municipales independientemente del número de habitantes.

De acuerdo con el Artículo 71 del Reglamento de Servicio Publico de Energia Electrica

**I. Area de control:**

Area geográfica en que se ubica el sistema eléctrico coordinado por el centro de control de área respectivo de la Comisión;

**II. Capacidad de respaldo:**

La capacidad que la Comisión se compromete a proporcionar a un permisionario para cubrir sus posibles fallas en la planta generadora de éste, así como salidas parciales o totales de la misma por otra causa;

**III. Carga conectada:**

Potencia eléctrica usada por los dispositivos conectados al sistema de generación de energía eléctrica;

**IV. Costo total de corto plazo de la energía eléctrica:**

Corresponde al costo unitario de la energía eléctrica proveniente de una planta, determinado durante el período de que se trate, incluyendo el costo de los energéticos utilizados y todos los costos variables de operación y mantenimiento en los que dicha planta incurra como resultado de las actividades de generación y transmisión de la energía hasta el punto de interconexión;

**V. Costo total de largo plazo de la energía eléctrica:**

Corresponde al costo unitario de la energía eléctrica proveniente de una planta, determinado a lo largo de la totalidad de la vida útil de ésta, incluyendo los costos de inversión y financieros, el rendimiento sobre la inversión, los costos de los energéticos utilizados y los de operación y mantenimiento en los que

incurra la planta e infraestructura en cuestión como resultado de las actividades de generación y transmisión de dicha energía hasta el punto de interconexión;

**VI. Despachabilidad:**

Característica operativa de una unidad de generación de incrementar o decrementar su generación o de conectarse y desconectarse a requerimiento de la Comisión;

**VII. Despacho de carga:**

Control operativo del sistema eléctrico nacional, ejercido por la Comisión, que determina la asignación del nivel de generación de unidades generadoras, tanto propias como de permisionarios con quienes hubiere celebrado convenios para la adquisición de energía eléctrica, considerando los flujos de potencia en líneas de transmisión, subestaciones y equipo;

**VIII. Disponibilidad:**

Característica que tienen las unidades generadoras de energía eléctrica, de producir potencia a su plena capacidad en el momento preciso en que el despacho de carga se lo demande;

**IX. Emergencia:**

Estado del sistema eléctrico en el que se ha interrumpido el servicio o que puede poner en peligro vidas humanas, el servicio o las instalaciones, y que requiere de una acción inmediata;

**X. Energía eléctrica entregada:**

Energía eléctrica medida en el punto de interconexión que un permisionario entrega a la Comisión;

**XI. Factor de disponibilidad:**

Es un indicador de la disponibilidad relativa de una unidad generadora en un período determinado, calculado como la diferencia entre la energía máxima que la unidad puede producir y la energía que no llegó a producirse debido a las actividades de mantenimiento, fallas, decrementos de capacidad u otras causas, dividida dicha diferencia entre la energía máxima que la unidad puede producir;

**XII. Interconexión:**

Conexión eléctrica entre dos áreas de control o entre la instalación de un permisionario y un área de control.

**XIII. Productor externo:**

Titular de un permiso para realizar actividades de generación que no constituyen servicio público, y

**XIV. Punto de interconexión:**

Punto en donde se conviene la entrega de energía eléctrica de un permisionario a la Comisión, en el cual se medirá la potencia entregada.



## 11.BIBLIOGRAFIA.

Libros de Texto

- 1. Libro: Análisis de Sistemas de Potencia.**  
**Autor: William.**  
**Editorial: Ed. Mc Grow Hill.**
- 2. Libro: Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia.**  
**Autor: Gilberto Enríquez Harper.**  
**Editorial: Ed. Limusa.**
- 3. Libro: Líneas e Instalación Eléctrica.**  
**Autor: Carlos Luca Marín.**  
**Editorial: Ed. Alfaomega.**
- 4. Libro: El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales.**  
**Autor: Gilberto Enríquez Harper.**  
**Editorial:**

Fuentes legales y de Referencia:

Enciclopedia CEAC De Electricidad (CAP 9 SEGUNDA PARTE)

- Instalaciones Eléctricas Generales

Autor: José Ramírez Vázquez..- Perito Industrial.

Roberto Suquet Cantons..- Perito Industrial.

Apuntes de Diseño de Líneas Eléctricas

Apuntes de Potencia Eléctrica

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

05-31-93 REGLAMENTO de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

### **LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS**

Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFSMN) y su Reglamento (RLFSMN)

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y su Reglamento (RLSPEE)

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas

**Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en materia de Aportaciones**

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, "Instalaciones Eléctricas (utilización)"

NMX-CC-16-1993/ISO-IEC-39, "Requisitos generales de acreditamiento de unidades de verificación"

**Ligas de interes y legales :**

<http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/libros/pr/flecab/stucat.htm>

<http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo1/TEMA5/5-1.HTM> (CAP 9)

<http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/le-index.htm>

<http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/libros.htm>

<http://www.latinmail.com>. Gratuito, latino y en español

<http://www.abb.com/GLOBAL/ABBZH/ABBZH262.nsf/viewUNID/2FAE3DA91599C2C4412567E70035BED2>

<http://www.abb.com/global/ABBZH/ABBZH262.nsf/viewUNID/C717B58AB96D02FCC1256BDC00216FC2>

[www.basler.com](http://www.basler.com)

[www.neplan.ch](http://www.neplan.ch)

[www.artech.com](http://www.artech.com)

[www.sandc.com](http://www.sandc.com)

[www.selinc.com](http://www.selinc.com)

## 12. METODOS PARA LA DETERMINACION DEL CONDUCTOR.

### INTRODUCCION:

*Antes de analizar los metodos para determinar el caliber del conductor, hay algunas reglas sencillas establecidas por la experiencia y la practica, con diversas instalaciones de las lineas de Transmision y Distribucion, por medio de las cuales es posible planear e instalar una linea de transmision y distribucion pequena, pero practica, sin necesidad de recurrir a calculus matematicos complicados.*

#### 1) Regla numero uno:

*La transmision economica se puede tomar 1000 Volts por cada 1000mts. de longitud de la linea.*

#### 2) Regla numero dos:

*Por cada ampere de intensidad de la corriente que la linea deba transmitir, le corresponde 1000 milipulgadas circulares osea  $0.5 \text{ mm}^2$  de Seccion de conductor de cobre.*

*Existen muchas lineas cortas que funcionan con voltajes mas elevados que el que se obtendra aplicando estas reglas, hay otras que trabajan con voltajes muy bajos y se consideran bastantes economicas en las condiciones imperantes; pero esta regla es muy segura y constituye una Buena base practica para realizar o verificar los calculus correspondientes.*

*Algunos otros autores consideran o adoptan una tension tal que expresada en KV resulte numericamente casi igual a la longitud de la linea en Kilometros.*

*Factores que intervienen para determinar el tipo de conductor que debe de emplearse.*

## 12. *Perdidas de energia:*

- *Perdidas por dispersion*
  - *Perdidas por efecto joule*
  - *Perdidas por efecto piel*
- b) *Caida de tension*  
c) *Resistencia mecanica del conductor*

### *Perdidas de Energia*

*Estas perdidas son debidas a su vez a las perdidas por dispersion, perdidas por efecto joule y por efecto corona.*

#### *A) Perdidad por Dispersion:*

*El aislamiento de las lineas nunca son perfectos y la rigidez dielectrica del aire y de los aisladores no es infinita. Es pore so que entre los conductors a distinto potencial fluye una corriente proporcional al valor del voltaje.*

*Como consecuencia la corriente que llega al consumidor es menor que la existente en el origen de la linea.*

*Estas perdidas son despreciables para tensiones nominales.*

#### *B) Perdida por efecto joule*

*Si se tiene que la Resistencia en ohms de un conductor, y la corriente en amperes, la perdida de energia en dicho conductor tiene el valor de  $RI^2$*

*Y si  $P =$  Potencia a transmitir, por lo tanto la  
Eficiencia =  $(PC/PG) \times 100$*

*El rendimiento de una linea es distinto segun la transmission en que se efectue, ya sea para corriente continua o alterna, monofasica o trifasica.*

## *TIPOS DE TRANSMISION*

*Línea de corriente continua*

La potencia que se desea transmitir es  $P=VI$ , por lo tanto  $I=P/V$ , por lo que la línea respecta esta constituida por dos conductores, por la pérdida de potencia es:

$$P=2I^2R \quad R_{cc} = \rho l/A \quad I = P/V$$

$$P=2I^2(\rho l/A) \quad A=2\rho I^2(l/P)=2\rho LP/(AVI^2)$$

De donde se puede observar que si se aumentamos la sección de los conductores disminuyen las pérdidas, pero el costo de los materiales a utilizar elevarían el costo de la obra, por lo cual se analiza el costo-beneficio de las pérdidas contra el costo de los materiales por esto:

Se reducen las pérdidas hasta un margen razonable aproximado del 4 al 8%, lo que es igual a

$$\text{Pérdida} = 100p/P.$$

$$\text{En donde el Area} = 2\rho LP^2/pV^2$$

Si llamamos  $\delta$  al peso de un KM de hilo de  $1 \text{ mm}^2$  de sección, entonces el peso de un conductor será igual a  $G$ .

Donde  $G = \delta LA$  y el de la línea de dos conductores será igual a  $G$ ,

$$\text{Donde } G = 2\delta LA = 2\delta L(2\rho LI^2)/p$$

$$G = (4\delta L^2 I^2)/p$$

Y sus Unidades son:

$$\delta = \text{Kg/cm}^3$$

$$p = (\Omega\text{-mm}^2/\text{M})$$

**Corriente Monofasica.**

*En la corriente monofasica ocurre un desfase entre la corriente y la Tension por lo que la Potencia varia de acuerdo con el factor de potencia.*

$$P=VI \cos \Phi \quad P=2RI^2 \quad A=2\rho I^2 (l/P) \quad P=4-8\%$$

$$G = (4\delta L^2 I^2)/p \quad G=(4\delta L^2 P^2)/(PV^2 \cos^2 \Phi)$$

### **Corriente Trifasicas**

*En la corriente trifasica ocurre algo similar a la monofasica o sea un desfase entre la corriente y la Tension pero la Ecuacion de la Potencia:*

$$P=(\sqrt{3})(V \cos \theta)$$

$$A=\sqrt{3} * \rho * l * I^2 / P$$