

29
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



**ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DE UNA LINEA
DE TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA,
CONDUCTORES Y AISLADORES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
JORGE ADOLFO PELAEZ SALINAS**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. JUAN CONTRERAS ESPINOSA**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
OBJETIVOS	1
INTRODUCCION	2
CAPITULO PRIMERO	
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	4
Plantas Hidroeléctricas	6
Plantas Termoeléctricas	7
Plantas Nucleoeléctricas	8
Otras Fuentes de Energía	10
CAPITULO SEGUNDO	
TORRES	12
Esfuerzos a que están sometidos los Apoyos	13
Clasificación de las Torres según su función	14
Distribución de las torres de una Línea	15
Plantilla de Distribución de apoyos	17
Plantilla de Flechas Míminas Verticales	21
Apoyos en Laderas	25
Conexión de los Apoyos a Tierra	28
Mantenimiento y Protección de Torres Metálicas	29
Estructuras	31
Planos que se elaboran para el proyecto en general	33
CAPITULO TERCERO	
CONDUCTORES	
Requisitos Necesarios de todo Conductor	34
Para la selección de Conductores son cuatro los principales Factores que deben ser considerados	
1.- Materiales	36
2.- Flexibilidad	43
3.- Forma	44
4.- Dimensiones	44

	Página
Parámetros de las Líneas de Transmisión	45
Cables para Líneas Aéreas	49
Capacidad de Conducción de Corriente (Ampacidad)	50
Caida de Tensión	52
CAPITULO CUARTO	
AISLADORES	
Definición de Aislador	53
Factores que deben ser considerados en la selección de Aislamientos	
1.- Materiales	54
2.- Características Eléctricas	58
2.- Características Mecánicas	60
4.- Nivel de Aislamiento	61
Diseño de Aislamiento de las Líneas por Sobretensiones de Origen Atmosférico	63
Pantalla Sobre el Aislamiento	66
Aisladores de Porcelana y de Vidrio	69
Aisladores de tipo Alfiler y Suspensión	70
Distribución de Tensiones en una cadena de Aisladores	72
Contaminación de Aisladores	75
Selección y Prueba de Aisladores	78
Pruebas de Prototipo	81
Pruebas de Flameo	82
Pruebas de Rutina	83
Fallas de Aislamiento	84
Selección de Aisladores para Subestaciones	85
CAPITULO QUINTO	
SISTEMAS DE DISTRIBUCION	
Definición de Sistemas de Distribución	89

	Página
Objetivos en el Diseño de las Redes de Distribución	89
Redes de Distribución por su Aplicación	90
Característica General de Calidad en el Servicio	91
Características de la Carga	93
Términos usados en la Planeación y Diseño de Redes de Distribución	94
CAPITULO SEXTO	
CONCLUSION	96
BIBLIOGRAFIA	98

OBJETIVOS

- Estudiar como esta conformada la estructura de una Torre de línea de transmisión de energía eléctrica.
- Saber como se seleccionan los Conductores para líneas aéreas que se usan en la actualidad.
- Estudiar los requisitos que todo aislador debe cumplir para aislar con eficacia el equipo en cuestión en el que se vaya a utilizar.
- Saber como se Genera la Energía Eléctrica; es necesario agregar este tema en el presente trabajo. Así como el tema correspondiente a la Distribución de la misma.

INTRODUCCION

En la construcción de Líneas de Transmisión Eléctrica se emplean las torres como elemento de apoyo. Antes de empezar el proyecto y cálculo de una línea, es necesario un trabajo completo de reconocimiento general de la región y estudio de la ruta más conveniente, por medio de fotografías en serie, generalmente se toman desde un avión; levantamiento topográfico detallado; dibujo del plano y perfil a las escalas reglamentarias; identificación de los predios afectados; convenio con sus propietarios de venta o permiso de paso.

Una vez escogido el punto en el perfil, y reconocido el terreno como propio para la sustentación del apoyo, se procede a limpiar el espacio, que forma el derecho de vía para librar a la línea de cualquier interferencia.

Las torres grandes son armadas de abajo hacia arriba, a partir del cuerpo inferior, el cual es armado en posición horizontal y levantado, o girado, hasta caer en las excavaciones; el resto es subido, pieza por pieza, o en fracciones, por una grúa automotora de pluma extensible, y atornillado o soldado, en el lugar que le corresponde.

Los aisladores de suspensión son colocados en su sitio después de la erección, formando cadenas completas que son levantadas con poleas o malacates, y listas para recibir los conductores.

Los cables de transmisión y guarda no deben ser arrastrados por el suelo, particularmente en terrenos pedregosos, sino desenrollados de los carretes de fábrica, montando estos en una armazón a lo largo de la ruta.

Una vez sujetos los conductores en sus mordazas, se procede a colocar los arcos de flameo, las pesas de compensación, los refuerzos y entorchados para evitar cristalización del metal conduc-

tor, los protectores de tubo, y todos los elementos incluidos en el proyecto.

También serán construidas, y conectadas las "tierras" de la torre, los cables de guarda son tratados en forma semejante a los de --- transmisión.

Los empalmes de conductores pueden ser hechos con "conectores", bajo la presión de una prensa hidráulica portátil, con resultados excelentes respecto a la resistencia mecánica y óhmica.

Las patas de las torres están cimentadas en forma tal, que el peso del cimiento y de la tierra que éste levantaría al ser arrancado, tenga un momento, de rotación mayor que la fuerza máxima aplicada al extremo superior de la torre.

Al conjunto de conductores que transportan energía eléctrica montados a cierta altura sobre el terreno se llama línea aérea; estos conductores están soportados por crucetas u otros tipos de soportes, debidamente aislados de éstos, y estos soportes a su vez van montados sobre postes, cuya función primordial es mantener separados los conductores a una altura conveniente del terreno. La distancia entre conductores sostenidos por una misma cruceta o poste, y de polaridad distinta, debe ser adecuada para que no se establezca fácilmente un arco entre esos conductores, ya sea en el mismo punto de sujeción, o en cualquier punto intermedio de poste a poste, a pesar del balanceo que el viento puede imprimir a la línea.

Después de los conductores, son los aisladores los elementos más importantes de una línea aérea.

Los aisladores están montados en o sujetos a, crucetas o bastidores unidos a los apoyos, generalmente, aunque en ciertos casos están atornillados a un poste, sin cruceta alguna y con alfiler -- curvo o diagonal.

CAPITULO PRIMERO

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

La fuente primaria de energía es el sol. La utilización directa de la radiación solar, que se estima equivalente a 5000 h.p. por acre (un acre es igual a 4047 m²) al mediodía en el verano; en Egipto, donde en cierta instalación la relación de la superficie del espejo a la superficie de la caldera es de 4.5: 1, la eficiencia de la caldera es de 40% y la planta desarrolla (746 watts) por acre. El método es inconveniente, pues exige una superficie grande y la ausencia de nubes.

La energía de los vientos, producidos por el sol, se ha usado durante cientos de años en los molinos de viento y se puede utilizar para impulsar generadores pequeños que cargan acumuladores para uso continuo.

Las fuentes principales de energía son los combustibles, tales como el petróleo, el carbón, y la energía hidráulica, es decir el agua a un nivel alto y las mareas. La utilización de la energía del combustible es posible por medio del vapor y las máquinas de combustión interna y la turbina; pero la domesticación de la fuerza del agua ha sido posible mediante la transmisión eléctrica que solo puede transmitir la energía de los lugares donde existe la fuerza hidráulica hasta donde se necesita dicha energía.

La máquina de combustión interna que usa petróleo es adecuada para las unidades móviles, tales como las de tráfico caminero y embarcaciones pequeñas, la máquina diesel que emplea aceite pesado para el mismo propósito, está reemplazando a las plantas de vapor alimentadas por carbón y petróleo para la propulsión marina, pero aun así se ha encontrado ventajoso utilizar una conversión eléctrica en algunos casos.

Tomando en consideración que la energía eléctrica tiene una gran importancia en los diferentes aspectos de la vida, tratése de usos residenciales, comerciales o industriales, cualquiera que sea la fuente primaria de obtención debe cumplir con los requisitos de ser:

- Disponible instantáneamente
- Fácil de transmitir
- Fácil de controlar

El principio básico de obtención de la energía eléctrica se representa en la figura 1.0

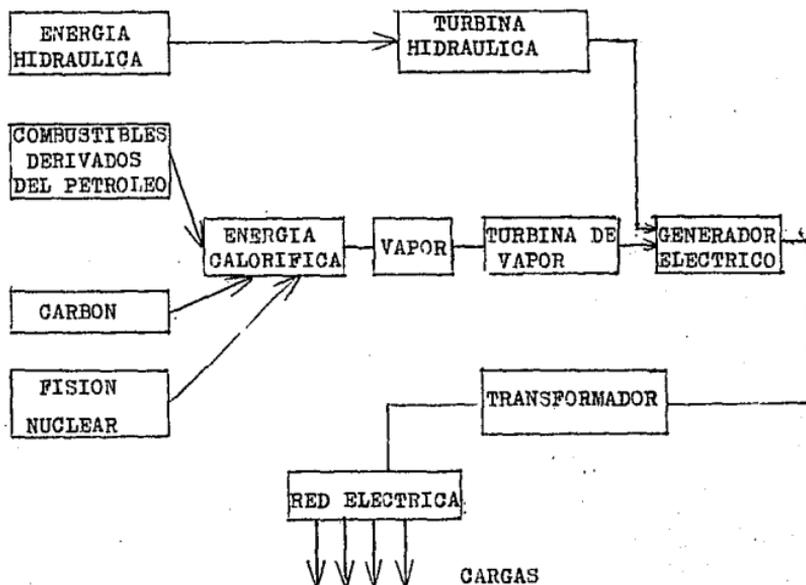


figura 1.0

La Generación de Energía Eléctrica en México se inicio aproximadamente por el año de 1881; el crecimiento de la industria eléctrica en una forma mas o menos organizada se tiene a partir del año de 1937 en que fue creada la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que es el organismo encargado de producir, transformar, transportar y distribuir la energía eléctrica en México, como en la mayoría de los países se inicio el servicio de la industria eléctrica con la instalación de plantas hidroeléctricas.

PLANTAS HIDROELECTRICAS

La energía obtenida de plantas hidroeléctricas; aproximadamente un 45% de la energía eléctrica que se tiene en México se obtiene de las "Plantas Hidroeléctricas" cuya fuente primaria es la energía cinética y potencial del agua de los rios o caídas que se almacenan en presas. Esta energía es transmitida a las turbinas hidráulicas que a su vez accionan los generadores eléctricos, y luego por medio de transformadores y líneas de transmisión se alimenta a la red eléctrica.

La simplicidad relativa de un proceso hidroeléctrico, lo hace con mucho, el proceso de energía eléctrica preferible, su eficiencia es también muy alta comparada con otros procesos ya que es del orden del 90% y aunque su costo inicial es relativamente alto; se asocia con otros proyectos como son los de irrigación que emplean los beneficios de las presas que se construyen.

Otras ventajas de las plantas hidroeléctricas es que no requieren de combustible lo que hace su operación relativamente económica, siendo además los procesos hidroeléctricos libres de contaminación por si mismos.

Una desventaja que puede tener es que si no se es suficientemente cuidadoso, la construcción de presas cambia los sistemas naturales de los rios, pudiendo tener este un impacto negativo en la ecología.

Desde el punto de vista de operación en una planta hidroeléctrica se tiene una alta controlabilidad en la generación, es decir que la generación se puede variar en forma conveniente y rápidamente cuando es necesario ya que el nivel de potencia eléctrica se -- puede decir que se cambia solo con abrir o cerrar las compuertas -- de control de agua a la turbina.

PLANTAS TERMOELECTRICAS

Un buen porcentaje de la energía eléctrica obtenida corresponde a las denominadas plantas termoeléctricas, es igual en porcentaje obtenido en las plantas hidroeléctricas; el combustible, -- que es carbón, lignito o turba, cede su calor de combustión a una caldera, el calor es usado para producir vapor de alta temperatura y presión por medio de un sistema mas o menos complejo de cambiadores de calor; el vapor sirve para alimentar a la turbina en donde parte de la energía térmica se transforma en energía mecánica, -- la turbina acciona mecánicamente al generador eléctrico en donde -- se obtiene la energía eléctrica que alimenta a una red eléctrica o sistema.

El vapor que se expande en la turbina se enfria en el condensador y se obtiene otra vez agua. El proceso de conversión o generación vapor-electricidad es en verdad complejo y bastante ineficiente (del orden del 35% es la eficiencia obtenida) sin embargo -- es usado ya que se puede decir que hasta el momento lo mejor que -- ha permitido el desarrollo tecnológico usando los combustibles fó-

siles como fuente primaria de energía, una buena parte de energía-calorífica se desperdicia en el condensador y también en la atmósfera via los gases de escape.

Este proceso de obtención de la energía eléctrica tiene la desventaja de ser contaminante, no solo por los gases producto de la combustión, también por las partículas en suspensión que quedan en el agua obtenida del vapor condensado, lo que limita su uso.

PLANTAS NUCLEOELECTRICAS

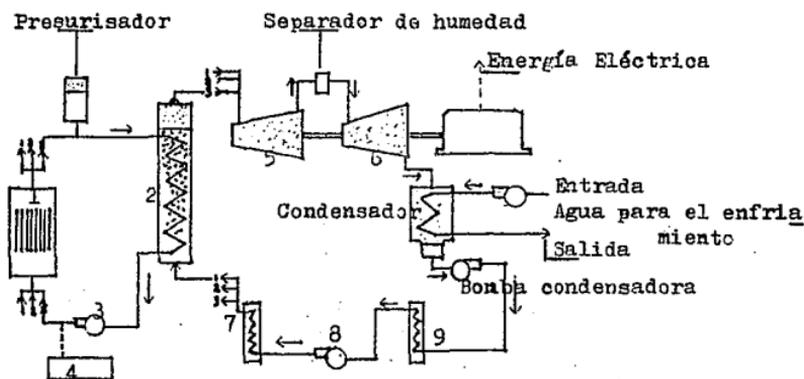
La acción de un reactor térmico (lento) es como sigue: Se -- usa uranio natural. Un átomo de U^{235} absorbe un neutrón, se divide y reproduce 2.63 neutrones; la energía cinética de los fragmentos produce calor. Se reducirá la velocidad de los neutrones emitidos a menos de 1.1 MeV por los choques y después los absorberá el U^{238} sin fisión, debido a su abundancia; entonces cesará la acción. Es necesario asegurar que el U^{235} absorberá por lo menos de los 2 o 3 neutrones, y esto se logra mediante un moderador, que es un elemento de número atómico pequeño; por ejemplo el hidrógeno, el carbón, el berilio, que reduce la velocidad de los neutrones por choque -- sin absorberlos. El agua pesada y el grafito son los moderadores -- más comúnmente usados.

Para poder proseguir la producción de calor a una velocidad deseada, es necesario que el U^{235} absorba exactamente un neutrón -- de cada fisión anterior. Los neutrones se producen mediante la fisión en 10^{-14} s. aproximadamente y, por lo tanto, son demasiado rápidos para controlarse.

Existe otra fuente de producción de neutrones, es decir, mediante la desintegración de los fragmentos de la fisión, y esto se produce un minuto más o menos, después de la fisión. Entonces la -- constante de tiempo del control puede ser del orden de minutos, y esto es factible.

Quizás la más importante de las aplicaciones de la energía nuclear encontrada hasta el momento sea la producción de la energía eléctrica. Estas plantas funcionan con el mismo principio de las denominadas termoeléctricas convencionales a excepción de la fuente de calor que no está constituida del combustible tradicional ya que es una reacción nuclear.

El empleo de la energía nuclear ha abierto nuevas perspectivas en el campo de la producción de la energía eléctrica especialmente para países con pocos recursos hidrológicos y/o de combustibles derivados del petróleo, a pesar de que en particular en el año de 1979 debido a algunos accidentes ocurridos en plantas nucleares ha habido una campaña tendiente a reducir su uso y en consecuencia su construcción, en la figura 1.2 se muestra una planta de energía nuclear.



- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Reactor | 7 Calentador de agua de alimentación |
| 2 Generador de vapor | 8 Bomba del agua de alimentación |
| 3 Bomba enfriadora primaria | 9 Calentador de agua de alimentación |
| 4 Sistema de purificación de agua | |
| 5 Turbina de alta presión | |
| 6 Turbina de baja presión | |

Figura 1.2

OTRAS FUENTES DE ENERGIA

Energía geotérmica

Energía solar

Energía del aire y mareas

Energía de corrientes marinas

Quema de basura y desperdicios animales

Fusión nuclear controlada

Algunas de estas fuentes alternativas de energía como la geotérmica y la debida a las mareas ofrecen posibilidades regionales-limitadas, otras como las corrientes marinas aparentemente requieren para su utilización de procesos complicados y una gran variedad de equipo que en un momento dado puede hacer que el costo de producción de la energía por este medio puede resultar excesivo lo que reduciría su uso solo a condiciones extremas de carencia de otros medios primarios para la producción de energía eléctrica.

Los métodos de obtención de energía por quema de basura y desperdicios animales así como la disponibilidad de energía solar en lugares de baja intensidad asociados con colectores y almacenamiento de calor (agua o rocas) representan una fuente de energía calorífica para usos domésticos, comerciales, de industria pequeña y rural.

En particular en zonas de alta insolación, la energía solar se puede emplear más allá del área limitada por el uso doméstico y comercial ya que es posible transformarla en energía eléctrica que puede ser transportada haciendo consecuentemente más versátil su uso.

Con relación a los procesos de fusión controlada es probable que ninguna de las fuentes alternativas de energía mencionadas an-

tes, presentan un futuro tan promisorio como esta ya que de hecho representa el proceso que teóricamente ocurre en el interior del sol y las estrellas.

Actualmente la electricidad se genera en grandes cantidades en las denominadas PLANTAS GENERADORAS y como la localización de los consumidores se encuentra normalmente lejana de estos centros de generación en áreas geográficas generalmente extensas, la energía eléctrica se debe de transmitir a través de una Red eléctrica tal que en sus puntos extremos se puede decir que interconecta a los centros de generación con los consumidores.

La localización de las plantas generadoras está relacionada con un determinado número de aspectos: una planta hidroeléctrica estará localizada necesariamente en un lugar donde se tengan los recursos hidrológicos necesarios, una carboceléctrica se instalará preferentemente en lugares cercanos a los depósitos de carbón y en general en cualquier planta termoeléctrica la disponibilidad del combustible o energía primaria es muy importante.

CAPITULO SEGUNDO

TORRES

Torre.- En el lenguaje de los electricistas se define como poste metálico de celosía empleado para el tendido de líneas de energía eléctrica a muy altas tensiones.

Los postes se apoyan en el terreno por medio de cimentaciones. Al conjunto del poste, con la cimentación y los soportes de los conductores, se denomina en general apoyo. Por lo tanto la torre es el apoyo de toda línea aérea.

Línea aérea.- Se define como el conjunto de conductores que transportan la energía eléctrica, montados a cierta altura sobre el terreno.

Vano.- Se llama a la distancia entre apoyo y apoyo.

Imz.- Es la distancia del vano, medida en metros.

Flecha.- Se llama flecha, a la distancia entre la línea recta que pasa por los dos puntos de sujeción de un conductor en dos apoyos consecutivos, y el punto más bajo de este mismo conductor, como lo muestra la figura 2.0

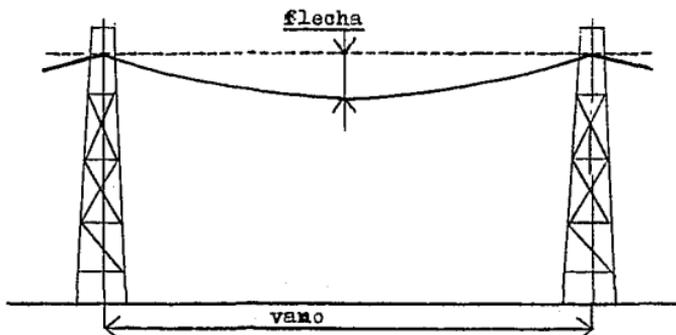


figura 2.0

Las reglas oficiales establecen que los postes pueden ser de cualquier material siempre que cumplan las condiciones debidas de seguridad, en la práctica solamente se utilizan como materiales de construcción para postes, la madera, el hormigón y el acero.

En lo que a soportes se refiere, los aisladores se montan, generalmente en forma de brazo horizontal y que se denomina cruce-ta; las cruce-tas pueden ser de madera, hormigón o metálicas.

Las reglas oficiales establecen que para el diseño construc-tivo de los apoyos se habrá de tener en cuenta la accesibilidad a todas sus partes por el personal especializado, de forma que pueda realizarse eficientemente la inspección y conservación de todos -- los elementos estructurales que constituyen el apoyo.

ESFUERZOS A QUE ESTAN SOMETIDOS LOS APOYOS

1.- Esfuerzos verticales, debidos sobre todo, al pase de los con-- ductores que soportan, y a las sobrecargas debidas a la acción del hielo; figura 2.1

2.- Esfuerzos transversales, que pueden deberse a la acción del -- viento sobre los apoyos, o a la acción resultante de las traccio-- nes de los conductores cuando estos no están instalados paralela-- mente, sino formando ángulo; figuras 2.2 y 2.3

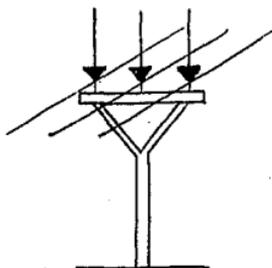


figura 2.1

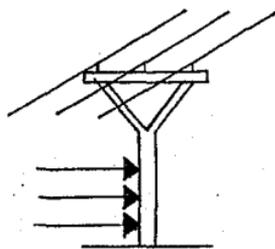


figura 2.2

3.- Esfuerzos longitudinales, provocados sobre todo en los apoyos de principio o de final de la línea, por la tracción longitudinal de los conductores o, en otros casos, por rotura de los conductores que soportan el apoyo; figura 2.4

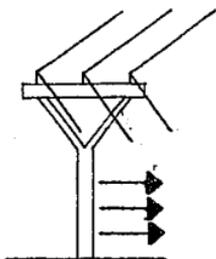


figura 2.3

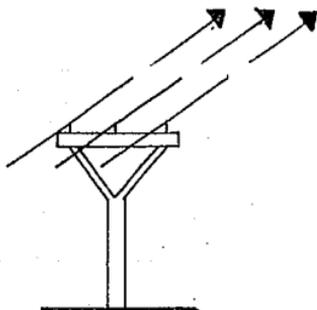


figura 2.4

CLASIFICACION DE LAS TORRES SEGUN SU FUNCION

Torres de alineación.- Sirven solamente para soportar los conductores y cables de tierra y solamente se emplean en alineaciones rectas; figura 2.5

Torres de ángulo.- Se emplean para soportar los conductores y cables de tierra en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones distintas; figura 2.6

Torres de fin de línea.- Deben resistir, en sentido longitudinal de la línea, los esfuerzos longitudinales de todos los conductores y cables de tierra; se montan al principio o al final de una línea aérea; figura 2.7

Torres especiales.- Son aquellas que tienen una función diferente a las torres definidas anteriormente; se utilizan para los vanos en que se cruzan con la línea, vías de ferrocarril, líneas de telecomunicaciones y otros.

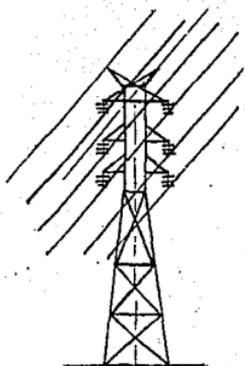


figura 2.5

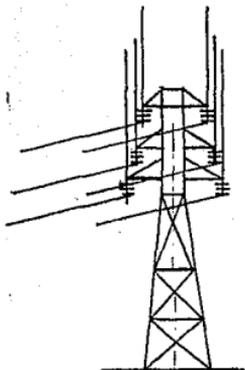


figura 2.6

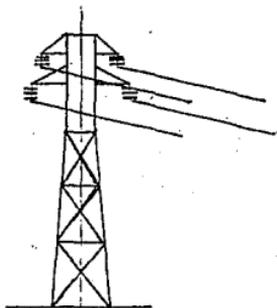


figura 2.7

DISTRIBUCION DE LAS TORRES DE UNA LINEA

La distribución de las torres de una línea, se hace en el perfil longitudinal; lo ideal es ubicar las torres en las cumbres de las lomas, de modo que los cables salven libremente los barrancos y toda clase de depresiones. Pero no siempre se puede proceder así, ya que, a veces, son los propios accidentes topográficos los que lo impiden.

En la práctica usual cuando se trata de torres metálicas de celosía se deben proyectar desde un principio alargamientos y acortamientos de la altura de la torre; determinándose primero cuál ha de ser la altura del apoyo normal o torre tipo de alineación: se entiende por altura la que vaya a tener el punto de engrape del conductor inferior sobre el terreno; sirviendo de orientación las que tengan otras líneas existentes de características similares a la que se proyecte construir.

Fijada ya la altura del apoyo normal, habrá que ver cuál será la del punto más bajo del conductor inferior, cuando se presenten las condiciones de flecha máxima vertical. Esta será la determinada en el cálculo mecánico del cable conductor.

La distancia de los conductores con flecha máxima vertical es decir la distancia de seguridad, por encima de cualquier punto del terreno o superficie de aguas no navegables será como mínimo la descrita en el artículo 25.1 del reglamento de líneas.

Artículo 25. Distancia de seguridad

Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto de terreno o superficie de aguas no navegables, a una altura mínima de:

$$5,3 + \frac{U}{150} \text{ metros}$$

con un mínimo de 6 metros

En la hipótesis del cálculo de flechas máximas bajo la acción del viento sobre los conductores, se mantendrá una distancia inferior en un metro a la anteriormente señalada, considerándose en este caso el conductor con la desviación producida por el viento.

En lugares de difícil acceso, las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

Entre la posición de los conductores con su flecha máxima vertical, y la posición de los conductores con su flecha y desviación correspondiente a la hipótesis de viento.

a) del apartado 3, del artículo 27, las distancias de seguridad al terreno vendrán determinadas por la curva envolvente de los círculos de distancia trazados en cada posición intermedia de los conductores, con un radio interpolado entre la distancia correspondiente a la posición vertical y la correspondiente a la posición de máxima desviación, en función lineal del ángulo de desviación.

La distancia de los conductores sometidos a tensión mecánica entre sí, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

PLANTILLA DE DISTRIBUCION DE APOYOS

La plantilla de distribución de apoyos es el medio del que se sirve el proyectista para fijar los lugares en que aquellos deberán ser colocados.

Determinada ya la altura de la torre (tipo de apoyo de alineación), se dibujaran en una hoja de papel muy transparente las tres curvas que se ven en la figura 2.8, en la que las distancias horizontales representan longitudes de vanos, y las verticales -- las flechas máximas (también verticales), correspondientes a los mismos.

Las tres parábolas paralelas entre sí son las siguientes:

La primer parábola, indicada con las letras ACB, es una curva tal; con una longitud de vano AB; la flecha máxima vertical del cable será DG.

La segunda parábola, indicada con las letras HKM, se trazará paralela a la primera y separada de ésta la magnitud CK, que será la distancia de seguridad del cable inferior de la línea al terreno.

La tercer parábola, indicada con las letras, NOP, paralela a las anteriores, se dibujara a una distancia CO de la primera; representa la altura que tendrá al punto de engrape del cable inferior sobre el terreno.

Hoja de papel transparente

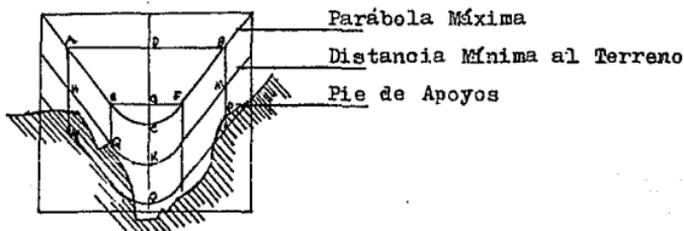


figura 2.8

A estas tres parábolas se les llama:

Primera curva ACB ... "Flecha máxima vertical"

Segunda curva HKM ... "distancia mínima al terreno"

Tercera curva NOP ... "pie de apoyos"

Si se superpone al perfil longitudinal, de modo que la curva de "distancia mínima al terréno" sea tangente en Q, los puntos N y P, donde la de "pie de apoyos" corta al perfil, serán los lugares en que deberán ser ubicados los apoyos AN y BP, que limiten el vano AB.

Puesto que la curva ACB será la posición que tomará al cable inferior al presentarse las condiciones de "flecha máxima" vertical, y dado que EQ es la "distancia de seguridad" reglamentaria al terreno, en ningún punto se aproximará el cable citado al suelo a una distancia menor que la mínima permitida.

En el caso supuesto en la figura 2.8, los emplazamientos de los apoyos en los puntos N y P se hallan situados al mismo nivel, pero si se tratase de un vano inclinado como AB de la figura 2.9, sigue siendo válido todo lo dicho, ya que la curva que adoptará el cable inferior seguirá siendo la ACB, con una distancia al terreno de por lo menos EQ.

Los apoyos deberán instalarse en los puntos N y P, en donde la curva de "pie de apoyos" corte al perfil.

Puesto que la utilización de la plantilla es por superposición de la misma al perfil longitudinal, es evidente que, para que pueda hacerse, las escalas de aquélla y éste han de ser las mismas

En todo perfil, la escala horizontal es siempre mucho mayor que la vertical, ya que si no fuese así los accidentes del terreno no quedarían prácticamente representados; es decir carecerían de relieve.

Por esta razón, las altitudes y depresiones del terreno aparecerán exageradas respecto a su verdadera magnitud.

Hoja de papel Transparente

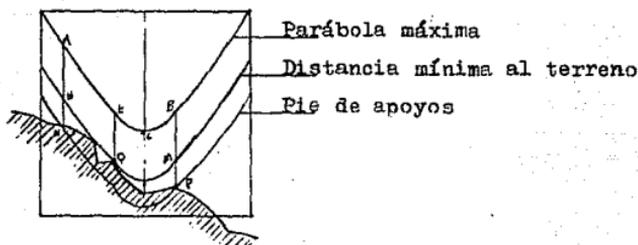


figura 2.9

El perfil se dibuja a escalas casi siempre:

Escala horizontal..... 1:2000

Escala vertical 1:500

Como se hace constar en el dibujo de la plantilla de la figura 2.10 que se ha construido para vanos de hasta 800 metros de longitud.

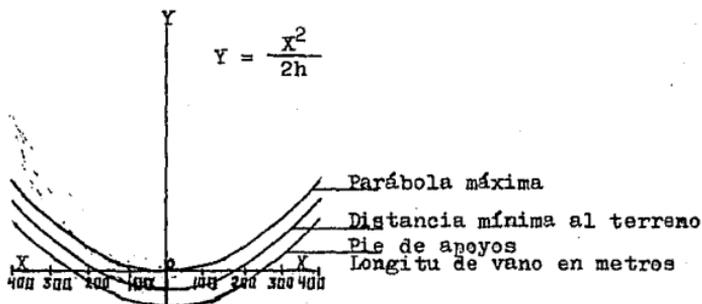


Figura 2.10 Plantilla de distribución de apoyos.
Flechas máximas verticales.

En la figura 2.11 se ha representado la aplicación de la plantilla a un tramo de perfil longitudinal habiéndose dibujado -- las tres parábolas.

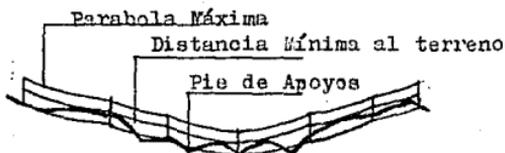


figura 2.11

Como se observará, la de "distancia mínima al terreno" es -- siempre tangente al perfil, y la de "pie de apoyos" determina la -- ubicación de éstos

Al utilizar la plantilla hay que procurar que los ejes de la misma queden en posición correcta, es decir, horizontales que representen longitudes de vanos, y verticales la de flechas máximas

Una vez construida la plantilla; se va aplicando sobre el -- perfil longitudinal, para determinar las ubicaciones de los apoyos. Habrá casos en las líneas que podrán tener diversas soluciones, -- siendo el criterio del proyectista el que decidirá la mejor solución.

PLANTILLA DE FLECHAS MINIMAS VERTICALES

Replantados los apoyos en el perfil longitudinal, es necesario comprobar cuáles podrán quedar sometidos a tracciones ascendentes cuando se presenten las condiciones de flecha mínima vertical.

Esta es la razón por la que hay que disponer también de la --

plantilla de "flecha mínima vertical", o "parábola mínima".

Un tiro ascendente tenderá a arrancar al apoyo de su anclaje en el, bloque (o bloques) de cimentación.

Antes de que esto suceda, las cadenas de aisladores quedarán dobladas, pudiendo llegar a tomar una posición tal, que los conductores se aproximen tanto al apoyo, que sea rebasada la distancia - de seguridad que prescribe el artículo 25.2 del reglamento de líneas que dice:

$$0,1 + U/150 \text{ (m)}$$

Siendo U, la tensión nominal de la línea en Kilovattios.

La plantilla de "Flechas mínimas verticales" consta solamente de una parábola. La parábola mínima se aplica siempre entre cada tres apoyos (dos vanos), ya que su finalidad es la de determinar si el apoyo intermedio podrá quedar o no sometido a tracciones ascendentes.

Si se coloca de modo que pase por los puntos de engrape del cable inferior, en los apoyos primero y tercero, del conjunto de dos vanos contiguos, la curva podrá quedar respecto al segundo -- apoyo (el intermedio), en una de las siguientes tres posiciones

1.- Por debajo del punto de engrape del conductor inferior del apoyo intermedio: No habrá tracción ascendente en el apoyo -- intermedio.

2.- Coincidiendo con dicho punto de engrape: no habrá tracción ascendente ni descendente en el apoyo intermedio. El cable - no ejercerá acción de peso sobre su cadena de aisladores.

3.- Por encima del punto de engrape citado: habrá tracción-ascendente en el apoyo intermedio.

Al hacer los tanteos de distribución de apoyos, y de determinación de posibles tracciones, se perdería mucho tiempo si hubiese que dibujarlos repetidas veces, con su verdadera altura.

De aquí que en vez de hacer pasar a la parábola por los puntos de engrape, se la superponga a los pies de los apoyos extremos (el primero y el tercero), de los dos vanos contiguos.

Situada así la parábola, podrá quedar respecto al pie del apoyo intermedio (el segundo) en una de las tres posiciones siguientes.

-Por debajo del pie del apoyo intermedio. No habrá tracción ascendente en el apoyo intermedio.

-Coincidiendo con dicho pie. No habrá tracción ascendente ni descendente en el apoyo intermedio. El cable no ejercerá acción de peso sobre su cadena de aisladores.

-Por encima del pie de apoyo intermedio. Habrá tracción ascendente en el apoyo intermedio.

Representándose los tres casos considerados en la figura 2.12.

Plantilla completa de distribución de apoyos y de flechas mínimas verticales.

La plantilla completa de la figura 2.13, es la que incluye tanto a la distribución de apoyos, como la de flechas mínimas verticales.

La parábola mínima ha sido dibujada a una distancia cualquiera de la parábola máxima.

Por ser una sola hoja de papel transparente es fácil de archivar; además es mucho más cómoda la utilización de la misma al hacer los tanteos de la distribución de apoyos y del estudio.

posterior de los que podrán quedar sometidos a tracciones ascendentes.

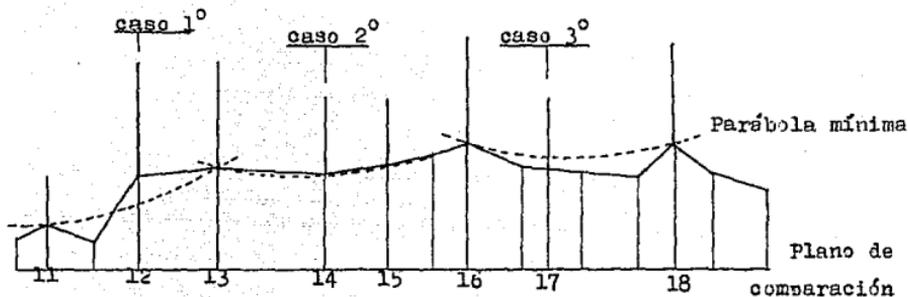


figura 2.12

Case	Apoyo
1°	12
2°	14
3°	17

Flechas verticales en metros

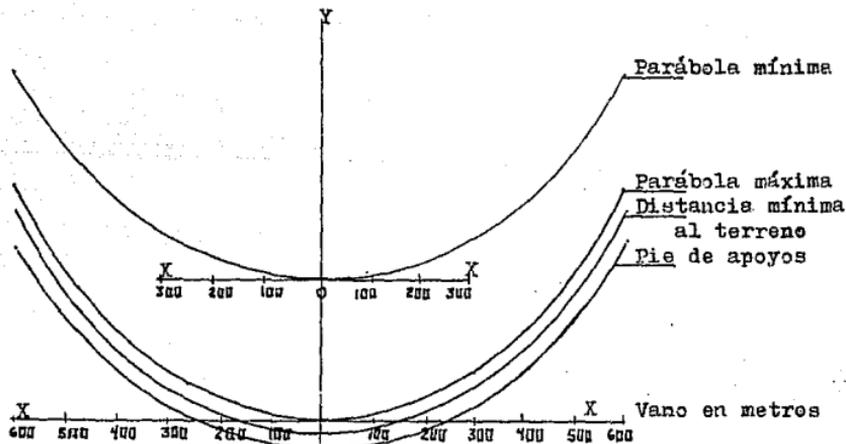


figura 2.13

APOYOS EN LADERAS

Cuando el trazado de una línea obligue a instalar apoyos en laderas, es necesario tener presente que si bién la aplicación de la plantilla de distribución dará los emplazamientos adecuados -- respecto al perfil longitudinal según el eje P-P de la línea, el conductor más cercano al terreno podría quedar a una distancia menor que la de reglamentación de seguridad, ya que la proyección horizontal de su cadena de aisladores será el punto P' - P' y no el P - P

Las cadenas de aisladores se desvían bajo la acción del viento transversalmente, tomando posiciones como la dibujada en la figura 2.14.

En la posición desviada supuesta, la proyección horizontal de la fase ya no está en P' - P' sino en P'' - P'' , con la que la distancia al terreno podrá ser aun menor.

Por esto, no basta con limitarse a hacer el levantamiento topográfico según el eje longitudinal P - P de la línea, sino que es absolutamente necesario levantar también el perfil P'' - P'', en todos esos tramos en los que se tenga la menor sospecha de que cualquier fase pueda quedar a una distancia del terreno menor que la de seguridad.

Se tendrán así dos perfiles longitudinales paralelos P - P y P'' - P'', que es lo que se llama doble perfil; como está representado en la figura 2.15, donde se ve que el tramo FL, el segundo perfil P'' - P'' al quedar por encima del P - P, hace que la distancia al terreno sea menor que la prevista.

La parábola máxima deberá aplicarse sobre el perfil P'' - P'' , y no sobre el P - P .

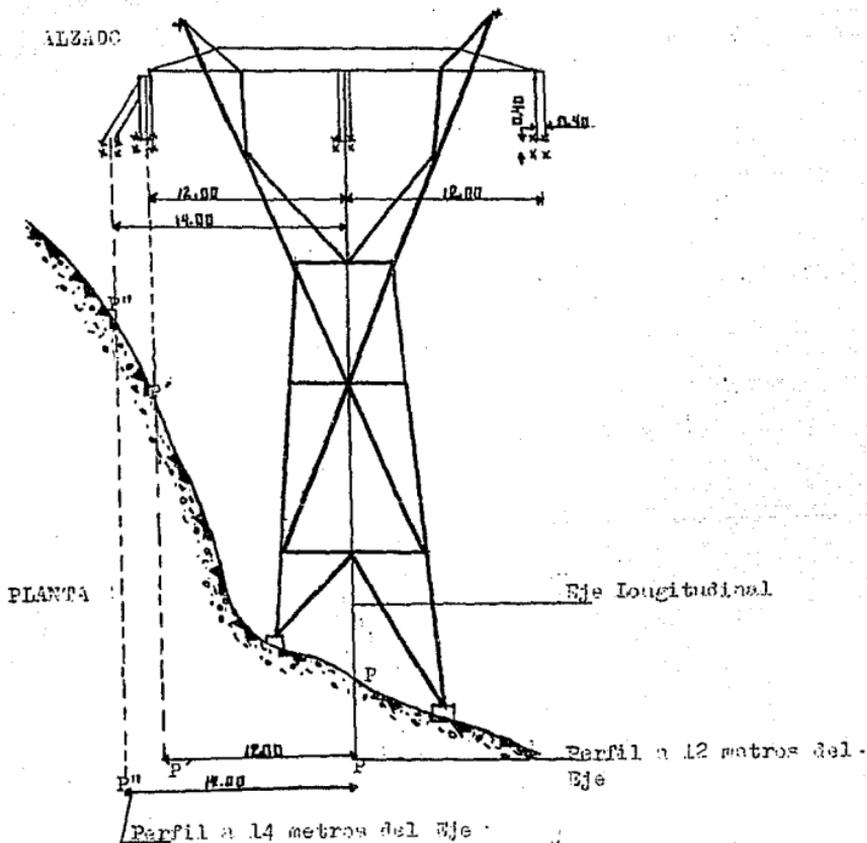


figura 2.14

La tangente de la curva de distancia "mínima al terreno" se buscará, por lo tanto, respecto al perfil FL, con lo que se cumplirá la norma reglamentaria de distancia de seguridad.

Los apoyos se replantearán en el perfil AE, que es del eje longitudinal de la línea.

En cuanto a la curva de la plantilla de flechas mínimas verticales, se aplicará sobre este último perfil, para ver si alguno de los apoyos podrá tener tracción ascendente.

En el plano deberá quedar indicado si el perfil lateral ha sido tomado a la derecha o a la izquierda del eje longitudinal de la línea, para un observador que mire desde el origen al final de esta última.

La distancia horizontal entre los perfiles P-P y P"-P" de la figura 2.15 deberá ser, como mínimo, la existente entre el eje vertical del apoyo y el extremo de la cruzeta más larga, aumentada en dos o tres metros, para prever el efecto de las inclinaciones transversales a línea de las cadenas de aisladores.

ABCDE - Perfil longitudinal P-P según el eje de la línea eléctrica.

FGHIJKL- Perfil longitudinal P"-P" según la proyección horizontal del conductor más cercano al terreno

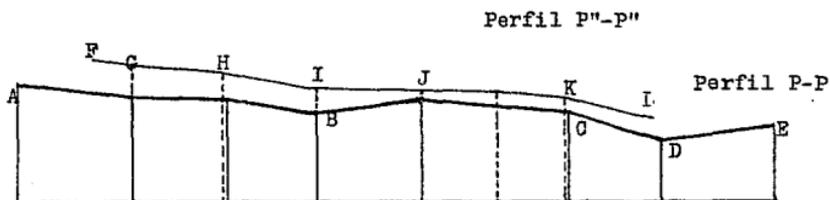


Figura 2.15 Doble perfil longitudinal en un tramo de línea

IZADO DE TORRES

Las torres se levantan por tramos, llamado también al avance ; las torres grandes son armadas de abajo hacia arriba, a partir del cuerpo inferior, el cual es armado en posición horizontal y levantado, o girado, hasta caer en las excavaciones; el resto es subido, pieza por pieza, o en fracciones, por una grúa automotora de pluma extensible, y atornillado o soldado en el lugar correspondiente.

Después del izado son colocados los aisladores, formando cadenas completas que son levantadas con poleas o malacates, y listas para recibir los conductores.

CONEXION DE LOS APOYOS A TIERRA

La reglamentación vigente establece que los apoyos de las líneas eléctricas de alta tensión deberán conectarse a tierra de un modo eficaz. Mediante una conexión específica, deberán conectarse a tierra todos los apoyos metálicos y de hormigón armado.

Los conductores de conexión a tierra pueden ser de cualquier material metálico que sea inalterable con el tiempo y que presente elevada resistencia a la corrosión atmosférica.

En ningún caso la sección de estos conductores de tierra será inferior a la eléctricamente equivalente a 16 mm^2 de cobre.

En la práctica son muy utilizados conductores cableados de hierro galvanizado de 100 mm^2 de sección, que equivale a una sección equivalente de cobre de 35 mm^2 .

Los conductores de conexión a tierra deberán conectarse a los electrodos o tomas de tierra, por medio de piezas de empalmado adecuado.

Estas tomas a tierra están constituidas por placas, tubos o bandas de metal inalterable.

Las tomas de tierra de placa están constituidas generalmente por placas o rejillas de hierro galvanizado de superficie no inferior a 0.5 m^2 y cuyo espesor mínimo ha de ser de 2.5 mm.

Las tomas a tierra de tubo deberán ser de metal no férrico o lo que es más corriente, de hierro galvanizado; en este caso, el diámetro interior será de 30 mm como mínimo y su longitud no será inferior a 2 metros.

Eventualmente, se emplean también cables de suelo; es decir las bases de los apoyos se unen entre sí por medio de un cable tendido bajo el suelo.

MANTENIMIENTO Y PROTECCION DE TORRES METALICAS

Las estructuras metálicas de las torres para líneas aéreas - deben protegerse contra la acción de los agentes atmosféricos contra la oxidación y la corrosión producida por vapores ácidos.

Se utiliza sobre todo el galvanizado en caliente limpiando - previamente el hierro mediante ataque por ácidos y sumergiendo después las partes metálicas en un baño fundido; de esta forma se pueden tratar, no solamente las viguetas de hierro que constituyen la estructura de los postes, sino también los tornillos y tuercas repasando las roscas después del galvanizado.

Las estructuras situadas en las cercanías de las zonas donde se produzcan vapores ácidos no deben galvanizarse; en estos casos es mucho más efectiva la protección por medio de pintura.

El pintado se emplea, sobre todo, en los postes preconstruidos y en aquellos que lleven remaches o soldaduras.

El metalizado de las torres consiste en cubrir las partes - metálicas de éstas, con una capa de zinc fundido, mediante un pis tolete constituido por un soplete oxihídrico u oxiacetilénico pro visto de una pequeña turbina accionada por aire comprimido y cuya función es hacer avanzar un hilo de zinc que pasa por el centro - del soplete.

A causa de la combustión de la mezcla gaseosa, y el hilo de zinc que va llegando al poste se funde sin oxidación y por la acción del aire comprimido a unas cinco atmosferas y distribuido -- por una abertura concéntrica aplicada en el soplete, el zinc fundido se pulveriza, dividiéndose en pequeñas partículas que se pro yectan violentamente sobre la parte metálica.

En muchos casos las torres se pintan en sus partes inferiores y se metalizan en las partes superiores, que comprenden las - crucetas y zonas próximas a los aisladores; de esta manera, no es necesario interrumpir el servicio durante el repintado de las torres.

MATERIALES EMPLEADOS EN LAS TORRES

Como elementos de union se utilizan, sobre todo los pernos - , tornillos y remaches.

La norma vigente española establece utilizar perfiles abier - tos de espesor superior a 4 mm ; en construcciones remachadas o - atornilladas se realizan sobre flancos de perfiles que tengan una anchura mayor a 35 mm ; para cimentaciones metálicas sin recubrimiento de hormigón, el espesor de los perfiles enterrados ha de - ser mayor a 6 mm ; empleándose tornillos y remaches de un diámetro mayor a 12 mm.

ESTRUCTURAS

El diseño de las estructuras para las líneas de transmisión deberá basarse en los aspectos siguientes.

Distancias (altura) de los conductores

Por razones de seguridad se debe fijar una distancia mínima de los conductores en el punto medio del claro con respecto al terreno, esta distancia se puede calcular de acuerdo con la expresión:

$$h_{\min.} = 5,30 + \frac{V}{150} \quad (\text{metros})$$

Donde: V es la tensión nominal de la línea en KV

Distancias entre conductores (de fase a fase)

La distancia entre fases se calcula tomando en consideración la flecha del conductor, la longitud de la cadena y el tipo de conductor. Las distancias son del siguiente orden:

Para líneas de 115KV de 4 a 5 metros

Para líneas de 230 KV de 5 a 6 metros

Para líneas de 400 KV de 8 a 10 metros

Distancia conductor - estructura (terre)

La distancia mínima entre conductor con sus accesorios y la estructura se puede calcular como:

$$d = 0,1 + V_n/133 \quad (\text{Metros})$$

donde: V_n es la tensión nominal de la línea en KV

Angulo de desplazamiento de cadenas de aisladores en posición vertical

Para líneas de 115 KV 50° ; para 230 KV 45° y líneas de 400-KV ángulo de 40° .

Cargas Mecánicas

En el análisis de las cargas mecánicas se hacen dos suposiciones.

Sin ningún conductor roto; y con algún conductor o hilo de guarda roto; en ambos casos se consideran tres tipos de cargas.

- Carga vertical: peso de conductores, hilos de guarda, aisladores, herrajes, equipo de montaje y peso propio de la torre.

- Carga transversal: presión del viento sobre los conductores, hilos de guarda, herrajes y sobre la torre

- Carga longitudinal. En el caso de un conductor o hilo de guarda roto se considera la mitad del claro de viento para el conductor roto y el 100% de la tensión máxima del conductor roto.

Accesorios

Los accesorios más importantes son los siguientes:

- Empalmes: para la unión de conductores o hilos de guarda.

- Varillas preformadas: sirven para proteger los conductores y limitar en lo posible el efecto de vibraciones en los puntos de sujeción.

- Separadores: en las líneas de transmisión que usan varios conductores por fase, se emplean separadores para mantener la distancia entre conductores.

- Electrodo y conectores puestos a tierra: se emplean electrodos en general en forma de varilla copperwel de 16 mm de diámetro con longitud variable según la resistividad del terreno, y contra antenas de cable de cobre desnudo de 2-0 ó 4-0 de 7 hilos unidos por dos conectores.

En el diseño de las torres se cuentan con una serie de plantillas para distintos planos para hacer la localización de las estructuras así como su posición y altura.

Planos que se elaboran para el proyecto en general

--Plano de conjunto.

En este plano se indican aspectos generales como: localización geográfica de la línea, su situación dentro del sistema (conexión a subestaciones, interconexiones), tensión eléctrica, tipo de conductor y calibre, etc.

--Plano de planta.

En estos se indican la línea en toda su longitud con el kilometraje sucesivo, puntos terminales, tipo de estructuras, su localización, altura y cimentación, derecho de vía, irregularidades -- del terreno, etc.

Derecho de vía. Se entienda como derecho de vía a la franja de terreno con fines de protección y seguridad de una línea de --- transmisión con un ancho determinado y que esta en función de su - tensión, longitud de claro, número de circuitos y tipo de estruc-- tura.

--Planos de perfil

Se indica la línea en toda su longitud con el kilometraje, - puntos sucesivos terminales, características principales de estruc turas, aspectos topográficos sobresalientes como son desniveles, - barrancos, cruzamientos, vías de ferrocarril, etc.

--Planos de cruzamiento con carreteras y vías ferreas.

En estos se indica en detalle en planta y perfil los detalles de los puntos de cruzamiento con vías de ferrocarril y carreteras.

CAPITULO TERCERO

CONDUCTORES

Requisitos necesarios de todo conductor.

Requisito Mecánico.- Todo conductor debe tener la suficiente resistencia mecánica para soportar sin romperse y sin deformarse permanentemente, los esfuerzos aplicados al mismo en el servicio normal y anormal que debe desempeñar.

En Líneas aéreas los esfuerzos normales son: el peso del conductor y del hielo en zonas frías; el efecto del viento en una velocidad limitada sobre el conductor, con o sin hielo; los efectos de contracción a bajas temperaturas; los esfuerzos de corte a los armazones o mordazas de los aisladores.

Esfuerzos Anormales.- Presión de escaleras apoyadas sobre las líneas, la suspensión de personal sobre la misma, el esfuerzo de los huracanes, la presión de arboles o ramajes; tensión debido a la movilidad de los apoyos por ruptura debido a uno o más cables, la caída de una torre.

Requisito Térmico.- Todo conductor alcanza en operación normal una temperatura moderada; el asbesto, algodón y el vidrio resisten temperaturas moderadas; en el conductor al desnudo hay límite de temperatura por los siguientes motivos.

- a). La resistencia óhmica del conductor de cobre aumenta 37% por cada 100°.
- b). La dilatación exagerada del conductor se produce por acercamientos de tierra a otros conductores; deben estar separados especialmente.
- c). El aire es fácilmente ionizable en un conductor muy caliente dando lugar a descarga coronaria permanente; con radio interferencia, corrosión química y disipación de energía.

d). La dilatación del herraje de un aislador que soporta un aislado muy caliente, pudiendo ser causado por deterioro.

Requisito de Regulación.- Se entiende al cambio de tensión en una carga alimentada por generador o transformador de potencial invariable, cuando dicha carga se reduce hasta cero; y se expresa en valores absolutos por el cociente de esa diferencia entre la tensión máxima y la tensión normal; o por el cociente de esa diferencia entre la tensión normal por cien.

El valor de regulación en por ciento en líneas de distribución secundaria es 5%.

El valor de regulación en por ciento en líneas de distribución primaria es de 10%.

En las líneas de Transmisión. La regulación de la línea puede ser hasta dos veces la variación en porcentaje menos la tensión receptora.

Requisito de Ionización o Escape.- El aire que está ionizado en contacto con un conductor desnudo, se halla sometido a un esfuerzo dieléctrico, más o menos intenso que puede ser causa de ionización cuando el potencial del conductor va creciendo a partir de cierto límite, en primer lugar, se produce una ionización invisible en los puntos más salientes y rugosidades del conductor. La extensión de las áreas afectadas va en aumento hasta cubrir toda la superficie del conductor. Después la ionización gana el volumen a medida que sube el potencial, se hace sonora y visible cada vez más hasta que de una descarga violenta entre polos opuestos inicia un arco que obliga a suspender la corriente y el servicio de la línea; la tensión crítica depende de dos factores básicos: primero del gradiente eléctrico en la superficie del conductor; segundo de la rigidez específica del aire, a la presión y temperatura actuales junto al conductor.

El requisito de ionización tiene una importancia primordial en el proyecto de líneas de transmisión a gran distancia, constituyendo el punto de partida en multitud de proyectos.

Requisito Económico.- Según Ley de Lord Kelvin. Cuando la energía disipada por efecto joule tiene un valor fijo por unidad-independiente del costo que puedan tener los conductores, la sección más económica es aquella que hace iguales los gastos por concepto de capital invertido, y por concepto de energía disipada.

Gastos por energía disipada:

Valor de la energía consumida por efecto de joule en el conductor calculada por el producto de la resistencia óhmica, el cuadrado de la intensidad nominal, el número de millares de horas de trabajo anual equivalente, y la cuota asignada a un kilowatt hora en el lugar donde está el conductor. El número de horas trabajo equivalente efectuado con cargas distintas de la nominal; se obtiene multiplicando cada período de trabajo en horas anuales por el cuadrado de la relación de la corriente en cada periodo, entre la corriente nominal.

La cuota asignada a un kilowatt hora varía desde el mínimo costo de generación de la propia estación generadora, hasta el precio de venta en la instalación más lejana que es el máximo por comprender todos los gastos de transmisión y distribución.

Para la Selección de Conductores son Cuatro los Principales factores que deben ser considerados.

1.- Materiales.

Dependiendo del material de que estan hechos y sus dimensiones los conductores tienen una resistencia definida; el campo magnético producido por la corriente alterna en un conductor eslabona con los otros y habrá una inductancia asociada con cada conductor.

Además existe una capacitancia entre cada par de conductores y entre cada conductor y tierra:

Los materiales más usados como conductores eléctricos en líneas de transmisión son el cobre y el aluminio. El aluminio por su conductividad y bajo peso es empleado en líneas con claros grandes, claros (distancia entre poste y poste), en general en líneas de transmisión que operan con altas tensiones se emplean conductores de aluminio -- con "Alma de acero" para dar una mayor resistencia mecánica. Normalmente se emplean conductores formados por varios hilos en forma trenzada; el hilo o hilos centrales son de acero y se conocen como alma del conductor siendo estos más fáciles de usar especialmente en grandes longitudes. El empleo de cables de aluminio con alma de acero -- (ACSR) en líneas aéreas de transmisión permite distancias interpostales mucho mayores que con el empleo de conductores de cobre, lo que trae un ahorro considerable en estructuras, aisladores y herrajes.

Los cables de aluminio con alma de acero no deben de emplearse en zonas de contaminación fuerte o con atmósfera salubre en lugares próximos al mar, ya que los efectos de la corrosión electroquímica entre los hilos de acero y de aluminio los destruyen rápidamente. (La conductividad del aluminio es aproximadamente el 60% de la del cobre y su resistencia a la tensión mecánica el 40%), las características de bajo peso del aluminio han dado lugar a un amplio uso de este metal en la fabricación de cables aislados y desnudos.

En el conductor eléctrico de cobre se distinguen tres templeos o grados de suavidad del metal: suave o recocido, semiduro y duro; con propiedades algo diferentes, siendo el cobre suave el de mayor conductividad eléctrica y el cobre duro el de mayor resistencia a la tensión mecánica.

El cobre suave tiene las aplicaciones más generales, ya que su uso se extiende a cualquier conductor, aislado o no en el cual sea de --

primordial importancia la alta conductividad eléctrica y la flexibilidad.

La principal ventaja del aluminio sobre el cobre es su menor peso (densidad 2.70 g/cm^3 contra 8.89 g/cm^3 del cobre).

En la tabla 3.1 que se muestra a continuación, se comparan algunas de las características más importantes en conductores fabricados con cobre y aluminio.

Características		Cobre	Aluminio
Para igual volumen:	relación de pesos	1.0	0.3
Para igual conductancia:	relación de áreas	1.0	1.64
	relación de diámetros	1.0	1.27
	relación de pesos	1.0	0.49
Para igual ampacidad :	relación de áreas	1.0	1.39
	relación de diámetros	1.0	1.18
	relación de pesos	1.0	0.42
para igual diámetro :	relación de resistencias	1.0	1.61
	capacidad de corriente	1.0	0.78

Tabla 3.1

Cables ACSR de Aluminio con Refuerzo de Acero Galvanizado.

Descripción:

1. Núcleo de alambres de acero galvanizado
2. Conductor formado por alambres de aluminio duro en capas concéntricas.

Aplicaciones:

Se utilizan en líneas de transmisión, subtransmisión, distribución y subestaciones.

Temperatura Máxima en el Conductor:

Temperatura de $75 \text{ }^\circ\text{C}$ usual de diseño en líneas aéreas.

Gables ACSR de Aluminio con Refuerzo de Acero Galvanizado

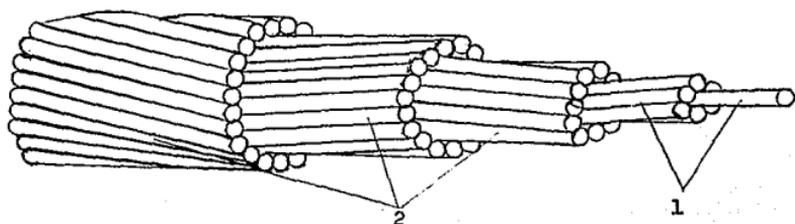


figura 3.0

Propiedades:

- Se obtienen claros interpostales mayores que para cables de cobre o aluminio debido a su refuerzo de acero.
- Tienen gran resistencia a la tensión mecánica.
- Son fáciles de tender e instalar.

Datos con los que se identifican.

Cable tipo ACSR, calibre, designación, longitud y peso en Kg

Calibre AWG/kCM	Designación	Número de hilos		Diámetro nominal		Peso Cable kg/km
		Aluminio	Acero	Núcleo mm	Cable mm	
6	TURKEY	6	1	1.7	5.0	53
4	SWAN	6	1	2.1	6.4	85
3	SWALLOW	6	1	2.4	7.1	108
2	SPARROW	6	1	2.7	8.0	136
1	ROBIN	6	1	3.6	9.6	171
1/0	RAVEN	6	1	3.4	10.1	216
4/0	PENGUIN	26	7	4.8	14.3	433
336	LINNET	26	7	6.7	18.3	687

Cables ACSR-AW de Aluminio con Refuerzo de Acero con aluminio

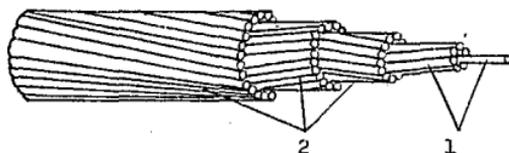


figura 3.1

Descripción:

1. Núcleo de alambres de acero recubierto de aluminio
2. Conductor formado por alambres de aluminio duro en capas concéntricas.

Aplicaciones:

Se utilizan en líneas aéreas de transmisión y distribución - en zonas costeras, industriales o contaminadas donde se requiere - mayor resistencia a la corrosión que el ACSR.

Temperatura Máxima en el Conductor:

Es de 70 °C (temperatura usual de diseño en líneas aéreas)

Propiedades:

- Se obtienen claros interpostales mayores que para cables de cobre o aluminio debido a su refuerzo de acero.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Fácil de tender e instalar
- Buena relación esfuerzo / peso

Datos con los que se identifican.

Cable tipo ACSR-AW, Calibre, designación, longitud y peso -
aproximado en kg.

Calibre AWG/kCM	Designación	Número. de hilos		Diámetro nominal		Peso <u>kg</u> km
		aluminio	acero	Núcleo mm	Cable mm	
4	SWAN AW	6	1	2.1	6.4	81
2	SPARROW AW	6	1	2.7	8.0	129
1/0	RAVEN AW	6	1	3.4	10.1	205
3/0	PIGEON AW	6	1	4.0	12.8	325
4/0	PENGUIN AW	6	1	4.8	14.3	410
266.8	PARTRIDGE AW	26	7	6.0	16.3	517
336.4	LINNET AW	26	7	6.7	18.3	653
477	FLICKER AW	24	7	7.2	21.5	872
477	HAWK AW	26	7	8.0	21.8	925
636	EGRET AW	30	19	11.1	25.9	1375
795	DRAKE AW	26	7	10.4	28.1	1542
900	CANARY AW	54	7	9.8	29.3	1644
1113	BLUEJAY AW	45	7	8.0	32.0	1812

Resistencia Ohmica de un Conductor

La expresión general para la resistencia ohmica de un conductor de longitud L y sección transversal S esta dada como.

$$R = \rho L/S$$

Donde ρ es la resistividad que no depende solo del material; tambien del cambio de temperatura. Si ρ y ρ son los valores de resistividad a temperaturas t_0 y t_1 .

$$\rho = R [1 + \alpha(t_1 - t_0)]$$

Donde α es el coeficiente de temperatura para la resistencia de un

material determinado.

Quedando la expresión final en relación a las resistencias:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha(t_i - t_0))$$

Esta fórmula está desarrollada para conductores sólidos; para los conductores trenzados en líneas de transmisión de pequeña sección la resistencia se incrementa del 1 al 2 %.

Un incremento adicional de resistencia se puede presentar por el efecto superficial, ya que en corriente continua, esta se distribuye uniformemente en el conductor, mientras que con corriente alterna el campo magnético produce un efecto de oposición a la penetración de la corriente al centro del conductor, por lo que la densidad de corriente (corriente por unidad de área) se incrementa en las capas del conductor cercano a la superficie y se reduce hacia el centro del mismo. El efecto superficial se incrementa con la sección transversal y permeabilidad magnética del conductor así como la frecuencia; el incremento es del orden del 8% para conductores de más de 25 mm de diámetro, siendo el mismo para cobre o aluminio.

Resistencia de los conductores de corriente alterna en relación con corriente continua.

En un circuito de c.c., la corriente fluye con una densidad uniforme a lo largo de todo el diámetro del conductor.

En un circuito de c.a. con los tamaños grandes del conductor, la corriente no fluye uniformemente a lo largo de todo el diámetro del conductor, como sucede con c.c., sino que en la capa externa del conductor se observa una densidad de corriente mucho más elevada que en la zona central del mismo. Este fenómeno se conoce con el nombre de "efecto skin o pelicular", y en la práctica significa que la resistencia de un conductor muy grande es superior en un circuito de c.a. que en otro circuito de c.c.

2.- FLEXIBILIDAD

La flexibilidad de un conductor se logra de dos maneras, re cociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de alambres que lo forman.

A la operación de reunir varios conductores se le denomina cableado y da lugar a diferentes flexibilidades, de acuerdo con el número de alambres que lo forman, el paso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cuerda.

El grado de flexibilidad de un conductor, como función del número de alambres del mismo, se designa mediante letras que representan la clase de cableado.

Las primeras letras del alfabeto se utilizan para las cuerdas más rígidas y las últimas para cuerdas cada vez más flexibles

No hay regla fija para decidir cuál grado de flexibilidad es el más adecuado para una determinada aplicación ya que con frecuencia, 2 o 3 clases de cableado pueden ser igualmente satisfactorias para cierto cable.

Se mencionan algunos ejemplos tomados de las normas ASTM.

Cables y cordones con aislamiento de hule que requieren mucha flexibilidad. Por ejemplo, cables que tengan que enrollarse y desenrollarse continuamente y tengan que pasar sobre poleas son de clase H.

Cables aislados clase C y D que requieran mayor flexibilidad que la clase B

Cable aislado clase B con materiales diversos tales como pa pel, hule, plástico, etc.

Cable desnudo o aislado, generalmente para líneas aéreas es

de clase AA, cable aislado, tipo interperie o cables desnudos que requieren mayor flexibilidad es el de clase A.

3.- FORMA

Las formas de conductores de uso más general son redonda y sectorial.

Un conductor redondo es un alambre o cable cuya sección transversal es sustancialmente circular.

Un conductor sectorial es un conductor formado por un cable cuya sección transversal es sustancialmente un sector de círculo. Se utilizan principalmente en cables de energía trifásicos.

Ventajas de los conductores redondos

1. Menor diámetro
2. Menor peso
3. Costo más bajo

Desventajas de los conductores redondos

1. Menor flexibilidad
2. Mayor dificultad en la ejecución de las uniones

La experiencia demuestra, sin embargo, que los cables sectoriales se pueden manejar e instalar sin dificultades.

4.- DIMENSIONES

Las dimensiones de los alambres se expresan comercialmente por números de calibres.

En Estados Unidos, la escala más usada para alambres destinados a usos eléctricos es la "American Wire Gage" (AWG), misma que ha sido ya adoptada en México. Esta escala de calibres, tiene la propiedad de que sus dimensiones representan aproximadamente los pasos sucesivos del proceso de estirado del alambre por una ley matemática, que se forma fijando dos diámetros y establecien-

do 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) y hay 38 dimensiones entre estos -- dos diámetros consecutivos en la escala es constante e igual a -- 1.1229.

Para secciones superiores a 4/0 se define el cable directamente por su diámetro o área. Las unidades adoptadas en Estados - Unidos son:

Mil, para diámetros, siendo una unidad de longitud igual a una milésima de pulgada.

Circular Mil, para áreas, unidad que representa el área del círculo de un mil de diámetro. Tal círculo tiene una área de 0.78 54 mils cuadradas. Para secciones mayores se emplea la unidad designada por las siglas KCM o KCM, que equivales a mil circular -- mils.

La escala más usada en la actualidad es la escala milimétrica (IEC) "International Electrotechnical Commission" con excepción de Estados Unidos y la mayor parte de los países Latinoamericanos En sí la escala consiste en proporcionar la medida directa de las áreas transversales de los calibres, en milímetros cuadrados.

PARAMETROS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION

Las líneas de Transmisión pueden representarse de una manera cuantitativa con una combinación de tres características o parámetros: Su resistencia, inductancia y capacitancia.

RESISTENCIA

El efecto más importante de la resistencia de los conductores de las líneas de transmisión es la generación de las pérdidas en la línea I^2R . La resistencia también produce una caída de voltaje tipo IR , afectando la regulación de voltaje de la línea.

La resistencia R en cd de un conductor de longitud L y con una área A de sección transversal es

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (\text{ en ohms })$$

Donde ρ es la resistividad del material en el conductor en ohm-metros. En la resistencia en cd de un conductor influye sólo la temperatura de operación, y este aumenta linealmente con la temperatura. Sin embargo, cuando un conductor transmite corriente alterna, la distribución de la densidad de la corriente a través de la sección transversal no es uniforme y es una función de la frecuencia de la corriente en ca. Este fenómeno, conocido como el efecto piel o efecto superficial provoca que la resistencia en ca sea más grande que la resistencia en cd. A 60 HZ, la resistencia ca de un conductor de una línea de transmisión puede ser de 5 a 10 por ciento más alto que su resistencia en cd.

La temperatura depende de la resistencia, la cual se cuantifica por la relación.

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha(T_2 - T_1))$$

donde R_1 y R_2 son las resistencias a las temperaturas T_1 y T_2 respectivamente, y α se llama coeficiente de temperatura de resistencia.

Las líneas de transmisión largas pueden relacionarse con resistencias en paralelo (o conductancias), además de las resistencias en serie.

INDUCTANCIA

La inductancia por conductor de una línea de transmisión monofásica está dada por.

$$L_1 = \frac{\mu_0}{8\pi I} \left(1 + 4 \ln \frac{D}{r} \right) \quad (\text{ en henrys por metro})$$

donde el primer término representa la inductancia interna del conductor sólido y el segundo término se debe a flujos externos hacia el conductor; $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m (es la permeabilidad del espacio libre), D es la distancia entre los centros de los conductores y r es el radio de los conductores.

Línea Trifásica.- La inductancia por fase (o de línea a neutro) de una línea de transmisión trifásica con conductores equidistantes espaciados es.

$$L = \frac{\mu_0}{8\pi I} \left(1 + 4 \ln \frac{D}{r} \right)$$

$$= 2 \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{D}{r} \right) \times 10^{-7} \quad \text{H/m}$$

donde r es el radio del conductor y D es la separación entre conductores. En la práctica, los tres conductores de una línea trifásica raras veces están igualmente espaciados. La separación asimétrica común da por resultado inductancias diferentes en las tres fases, llevando a caídas de voltaje diferentes y un desbalanceo en la línea. Para compensar este desequilibrio, las posiciones de los conductores se intercambian a intervalos regulares a lo largo de la línea. Esta práctica se conoce como transposición y se indica en la figura 3.2, la cuál sólo muestra las separaciones entre conductores. La inductancia promedio por fase para una línea transpuesta está dada por la formula mencionada anteriormente, excepto que la separación D en la formula está desplazada por la separación equivalente D_e , obtenida de.

$$D_e = \left(D_{ab} D_{bc} D_{ca} \right)^{1/3}$$

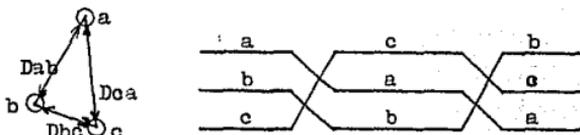


figura 3.2

La inductancia total o inductancia de lazo es:

$$L = 4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'} \quad \text{H/m}$$

donde r' es igual a $r e^{1/4}$, se conoce como el radio medio geométrico del conductor (RMG).

CAPACITANCIA

La capacitancia en paralelo por unidad de longitud de una línea de transmisión monofásica bifilar está dada por.

$$C = \frac{\pi \epsilon_0}{\ln(D/r')} \quad (\text{ en farads por metro })$$

donde ϵ_0 es la permitividad del espacio libre; D es la distancia entre los centros de los conductores y r es el radio de los conductores. Para una línea trifásica con conductores igualmente espaciados, la capacitancia de la fase (o línea a neutro) es

$$C = \frac{2 \pi \epsilon_0}{\ln(D/r)} \quad \text{f/m}$$

La capacitancia de una línea de transmisión aérea es afectada por la tierra, la cual distorsiona su campo eléctrico. El efecto de la tierra se simula suponiendo la existencia de conductores imagen de espejo. Con el mismo nivel por debajo de la tierra que la línea de transmisión tiene arriba de la tierra (figura 3.3) -- los conductores imagen transportan cargas de polaridades opuestas a las de los conductores reales, como se muestra en la figura. Así

la capacitancia al neutro está dada por:

$$C_m = \frac{2 \pi \epsilon_0}{\ln \left(\frac{D_e}{r} \right) - \ln \left(\frac{\sqrt[3]{H_{ab}H_{bc}H_{ca}}}{\sqrt[3]{H_a H_b H_c}} \right)} \quad f/m$$

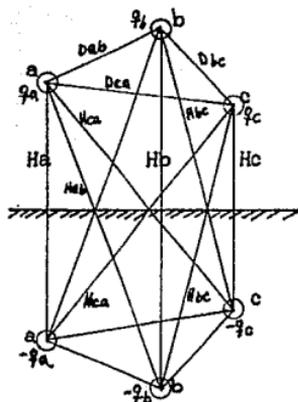


figura 3.3

donde: $D_e = (D_{ab} D_{bc} D_{ca})^{1/3}$, las H están definidas en la figura anterior y r es el radio del conductor.

CABLES PARA LINEAS AEREAS

Los cables para líneas aéreas están formados por un conductor sólido o cableado, que en la mayoría de los casos va desnudo, salvo en algunas ocasiones que se le aplica un ferro de polietileno o policloruro de vinilo (PVC) como protección de líneas que pasan entre las ramas de árboles y hacen contacto en estas.

Para seleccionar el tipo de conductor en cuanto a material se refiere, se debe conocer el grado de contaminación o de corrosión en la zona en que se localizará la línea, a fin de utilizar el material más adecuado.

El conductor está formado por uno ovarios alambres de cobre o de aluminio, y éstos últimos a su vez, pueden tener refuerzos - de hilos de acero, que son reunidos con un paso de cableado determinado.

Un conductor redondo es un alambre o cable cuya sección --- transversal es sustancialmente circular. Cuando los alambres son de mayor diámetro, el torcido de los mismos se efectúa generalmente en capas concéntricas alrededor de un núcleo central de 1 ó -- más alambres, recibiendo el nombre de cable concéntrico que es el más empleado en cables desnudos para líneas aéreas.

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE (AMPACIDAD)

La consideración más importante en la capacidad de conducción de corriente de las líneas aéreas, es el efecto de calentamiento - del conductor debido al paso de la corriente eléctrica, con la consiguiente reducción del esfuerzo a la tensión. La mayoría de los - conductores empleados para líneas aéreas son de temple duro, que - operan bajo determinadas condiciones de flechas y tensiones. Si el calentamiento de los conductores se sostuviera por períodos - prolongados de tiempo existente entonces un recocido del metal con una disminución en el esfuerzo mecánico e incrementando la longi-tud de éste. Por lo tanto, la ampacidad de dichos conductores está fijada bajo las condiciones supuestas de operación, que no producirán calentamiento suficiente para dañar las características meccánicas del mismo.

En las figuras 3.4 y 3.5, se muestran las gráficas; presentan la capacidad de conducción de corriente de los cables empleados para líneas aéreas, en función del incremento de temperatura del conductor con respecto a la temperatura ambiente.

CAIDA DE TENSION

Al seleccionar cables eléctricos debe tenerse cuidado de asegurar que la sección transversal del conductor sea lo suficientemente grande para evitar una caída de tensión excesiva.

La relación fasorial entre la tensión al inicio del circuito, la caída de tensión en el mismo, y la tensión al final del circuito se muestra en la siguiente figura (3.6).

La expresión que permite el cálculo de la caída de tensión es

$$e = IL (R \cos \theta + X_L \sin \theta)$$

donde: e = caída de tensión al neutro en volts.

I = corriente del conductor en amperes

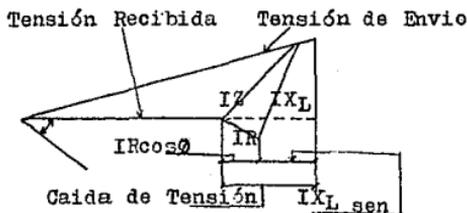
L = longitud del circuito en kilómetros

R = resistencia a la corriente alterna y a la temperatura de operación del conductor en ohm/km

X_L = reactancia inductiva del conductor en ohm/km

$\cos \theta$ = factor de potencia

La caída de tensión obtenida de la expresión anterior, se refiere a la caída de tensión en un conductor, comúnmente llamado como caída de tensión al neutro; la cual permite el cálculo de la caída de tensión entre fases multiplicando los valores obtenidos por (2 en sistema monofásico y $3^{1/2}$ en sistema trifásico).



CAPITULO CUARTO

AISLADORES

Aislador.— Se entiende como aislador a un soporte no conductor para un conductor eléctrico.

Los aisladores son los elementos más importantes después de los conductores de una línea aérea, ya que estando los conductores desnudos o cubiertos, es necesario un dispositivo aislante que los sostenga en posición apropiada y a distancia conveniente de partes estructurales, u otros conductores, incluyendo tierra.

Los aisladores están montados en, o sujetos a, crucetas o -- bastidores unidos a los apoyos, generalmente, aunque en ciertos ca sos están atornillados a un poste, sin cruceta alguna, y con alfiler curvo o diagonal.

Un material aislante puede definirse como un material que po see una resistencia relativamente alta al paso de una corriente -- eléctrica; un material aislante puede considerarse como uno que -- aísla con éxito el equipo en cuestión, no permitiendo el paso de - corriente apreciable.

La función del aislamiento es confinar la corriente eléctrica en el conductor y contener el campo eléctrico dentro de su masa.

En principio las propiedades de los aislamientos son con fre cuencia más que adecuadas para su aplicación, pero los efectos de la operación, medio ambiente, envejecimiento, etc. pueden degradar el aislamiento rápidamente hasta el punto en que llegue a fallar. Por lo que es importante seleccionar el más adecuado.

De manera similar al caso de los conductores, existen factores que deben ser considerados en la selección de los aislamientos como son:

1.- MATERIALES

Dada la diversidad de tipos de aislamiento que hasta la fecha existen para cables de energía, el diseñador deberá tener presentes las características de cada uno de ellos.

Tradicionalmente, el papel impregnado ha sido el aislamiento que por su confiabilidad y economía se empleaba en mayor escala; sin embargo la aparición de nuevos aislamientos tipo seco aunado al mejoramiento de algunos ya existentes, obliga al ingeniero de proyectos a mantenerse actualizado.

Los aislamientos se pueden dividir en dos grupos principales:

A) De papel impregnado; emplea un papel especial obtenido de pulpa de madera, celulosa de fibra larga.

El cable aislado con papel sin humedad se impregna con una sustancia para mejorar las características del aislante. Las sustancias más usuales son:

- Aceite viscoso
- Aceite viscoso con resinas refinadas
- Aceite viscoso con polímeros de hidrocarburos
- Aceite de baja viscosidad
- Parafinas microcristalinas del petróleo

Y su selección dependerá de la tensión y de la instalación del cable.

El compuesto ocupa todos los intersticios, eliminando las burbujas de aire en el papel evitando así la ionización en servicio. Es por esto que el papel es uno de los materiales más usados en cables de alta tensión y en cables de extra alta tensión.

El compuesto podrá ser migrante o no migrante, de acuerdo al tipo de instalación del cable; con poco desnivel (hasta 10 m) para el primer tipo y con desniveles mayores para el segundo.

B) Aislamiento de tipo seco. Los aislamientos secos son compuestos cuya resina base se obtiene de la polimerización de determinados hidrocarburos. Según su respuesta al calor se clasifica en dos tipos:

1.- Termoplásticos. Son aquellos que, al calentarse, su plasticidad permite conformarlos a voluntad, recuperando sus propiedades iniciales al enfriarse, pero manteniendo la forma que se le imprimio.

2.- Termofijos. A diferencia de los anteriores, después de un proceso inicial similar al anterior, los subsecuentes calentamientos no los reblandecen.

Características de algunos aislamientos de tipo seco:

Cloruro de polivinilo (PVC) para aislamiento de cables de alta tensión, desarrollado en condumex bajo el nombre comercial SINTENAX, ha adquirido una importancia especial, debido a sus ventajas sobre los plásticos hasta ahora conocidos: estos cables de energía resultan ligeros (no requieren cubierta de plomo), son fáciles de instalar y de empalmes y terminales de manufactura sencilla

Comparación del etileno propileno (EP) contra el polietileno de cadena cruzada (XLP).

El EP y XLP son los principales materiales empleados en la actualidad para cables de energía, con aislamiento extruido, en media tensión.

Los cables aislados con EP y con XLP se comportan igualmente bien y con la misma probabilidad de perdurar, bajo las condiciones encontradas en operación.

En particular, se sabe que los cables aislados con EP o XLP y complementados con pantalla sobre el aislamiento a base de cintas textiles semiconductoras, son susceptibles a la formación de -

arborescencias cuando se instalan en lugares húmedos. Y, si bien - con el uso de semiconductores extruidos parece haber disminuido la incidencia de las fallas de este tipo, en pruebas de larga duración en agua; las arborescencias son causadas por tres factores: agua - en el aislamiento; tensión aplicada de c.s. e irregularidades en - el aislamiento debidas a (cavidades, impurezas y protuberancias en las pantallas semiconductoras).

La selección de cables aislados con EP o XLP también se puede basar en la comparación del comportamiento, en pruebas que simulan las condiciones de operación normal, sobrecargas y sobreten---siones.

La calificación real para la tensión y temperatura de un cable debe determinarse tomando en cuenta los factores de esfuerzo - que pueden estar presentes durante el servicio; estos factores son: Factores eléctricos; Factores térmicos y Factores ambientales. El primer factor, el esfuerzo eléctrico de ruptura se evalúa a través de prueba de corto tiempo, de tal manera que las condiciones reales de servicio prácticamente no se toman en cuenta.

Por el contrario, en las pruebas de envejecimiento cíclico y larga duración en agua se combinan los factores térmicos y ambientales - en los factores eléctricos.

Pruebas de laboratorio usadas para simular las condiciones - de servicio.

Prueba de ruptura en tensión de c.a. y de impulso

Un cable aislado con XLP puede soportar, a temperatura ambiente, mayores tensiones de c.a. de impulso que EP, a menos que contenga burbujas o cavidades de grandes dimensiones o que sus -- pantallas hayan sido dañadas en tal forma que se desarrollen descargas parciales. El aislamiento de XLP empieza a perder sus ca--racterísticas de soportar tensiones de c.a. y de impulso conforme la temperatura de operación normal de 90 °C.

En el intervalo de la temperatura de emergencia por sobrecarga, - las propiedades físicas del XLP están en su totalidad por debajo de aquéllas de un buen aislamiento de EP.

Prueba de Envejecimiento cíclico.

EL envejecimiento eléctrico de un buen cable (libre de descargas) es debido a la presencia de microcavidades de dimensiones tan pequeñas que no pueden ser detectadas por las mediciones de - descargas parciales.

Cuando se prueban los cables bajo esfuerzos térmicos, debe- considerarse que los cables de energía están diseñados para tres- gamas de temperatura, cada una relacionada con una duración típi- ca:

- Temperatura de servicio normal o continuo
- Temperatura de emergencia por sobrecargas
- Temperatura de corto circuito, normalmente hasta 1 seg.

Tanto los cables de energía aislados con EP como con XLP es- tán calificados actualmente para temperaturas normales de 90 °C - en servicio continuo, 130 °C en emergencia o sobrecargas y 250 °C por corto circuito.

Como el XLP tiene un mayor coeficiente de expansión térmica que el EP, se expande y contrae, con los mismos cambios de tempe- ratura, en mayor grado que el aislamiento de EP. Esto hace más di- fícil lograr confiabilidad a largo tiempo en las pantallas, en ca- bles XLP.

Pruebas Eléctricas de larga duración en agua

El agua es una severa condición ambiental, debido a que, en su presencia, la resistencia del cable a los esfuerzos térmicos y eléctricos se reduce. La mejor prueba para comprobar y predecir - la probabilidad de supervivencia de un cable, es una prueba acelera da de larga duración que simule el efecto de este ambiente so- bre el cable.

En esta prueba usada ampliamente en muchos laboratorios industriales para calificar diferentes tipos de aislamiento, los cables con EP superan en todo caso a los cables con XLP, con un promedio de vida por lo menos del doble.

Para cables con EP, es posible obtener una buena resistencia en presencia de agua a través de una adecuada formulación del compuesto, por lo que, para las mismas condiciones de servicio, pueden obtenerse con facilidad tiempos de vida de 2 a 3 veces mayores que para el XLP; debido también a su menor sensibilidad a los contaminantes y a las imperfecciones producto de la fabricación.

Algunos usuarios prefieren el EP, por su mayor flexibilidad, la cual lo hace superior al XLP al facilitar su manejo durante la instalación. Esta preferencia se hace notable más en el caso de cables de muy altas tensiones. La dureza de los cables de XLP de grandes dimensiones ha forzado a algunos usuarios a precalentar los extremos de los mismos en los pozos, sólo para colocar el cable en posición adecuada para empalmar.

2.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Rigidez Dieléctrica.

La rigidez dieléctrica de un material aislante es el valor de la intensidad del campo eléctrico al que hay que someterlo para que produzca una perforación en el aislamiento. Normalmente, este valor es cercano al de gradiente de prueba y de 4 a 5 veces mayor que el gradiente de operación normal. Las unidades en que se expresa este valor por lo común es kV/mm.

Gradiente de Operación.- Se calcula con la siguiente expresión.

$$G = \frac{0.869 V_0}{dx \text{ Log}_{10} \frac{da}{dp}} \quad \text{kV/mm}$$

donde:

V_0 = tensión al neutro del sistema (en kV)

d_a = diámetro sobre el aislamiento (en mm)

d_p = diámetro sobre la pantalla semiconductora que está sobre el conductor (en mm)

dx = diámetro correspondiente al círculo que pasa por un punto "x" del aislamiento al que se desea conocer el valor del gradiente (en mm)

Resistencia del Aislamiento

La diferencia de potencial entre el conductor y la parte externa del aislamiento hará circular una pequeña corriente llamada de fuga, a través del mismo; y la resistencia que se opone al paso de esta corriente se conoce como resistencia de aislamiento -- (R_a). El valor de R_a esta dado por la siguiente expresión, por lo común en megohms por kilometro

$$R_a = K \log_{10} \frac{d_a}{d_p} \quad \text{M}\Omega - \text{km}$$

donde: K = un valor constante característico del material aislante

Factor de Potencia. - Este factor nos permite relacionar y calcular las pérdidas del dieléctrico de los cables de energía.

Tangente. - Es también un factor que permite relacionar y calcular las pérdidas en el dieléctrico de los cables de energía y corresponde a la tangente del ángulo δ complementario del ángulo θ .

De las definiciones anteriores se puede observar que para ángulos cercanos a 90° que, en general, es el caso de los aislamientos el valor del factor de potencia y la tangente son prácticamente el mismo, por lo que ambos factores se utilizan indistintamente para definir las pérdidas en el aislamiento.

3.- CARACTERISTICAS MECANICAS

Las características mecánicas están definidas por las propiedades intrínsecas de los materiales; la protección mecánica está dada por las cubiertas metálicas y termoplásticas o termofijas.

Características Mecánicas más Importantes

Resistencia a la humedad

Los cables de energía frecuentemente entran en contacto con la humedad y el cable absorbe agua a una velocidad que queda determinada por la temperatura del medio ambiente, temperatura en el conductor, temperatura en el aislamiento y la permeabilidad del aislamiento y cubierta.

El método usual para cuantificar la resistencia a la penetración a la humedad es la medición gravimétrica de la cantidad de agua absorbida por los aislamientos después de sumergirlos en agua caliente durante un cierto periodo.

Los aislamientos de papel resultan los más sensibles a la absorción de humedad, por lo que es prácticamente imposible utilizarlos sin cubierta metálica adecuada.

Para el caso de los aislamientos sólidos que se encuentran en contacto con agua, el valor gravimétrico de absorción de humedad no es por sí solo un índice para calificar el comportamiento del material en presencia de humedad, sobre todo cuando al mismo tiempo se tiene un potencial aplicado al mismo.

Características de Flexibilidad

Las características de flexibilidad del aislamiento deben ser compatibles con los demás elementos del cable.

La flexibilidad de un cables es una de las características más difíciles de cuantificar; la mejor base para evaluar la flexibilidad es a través de las ventajas a que da lugar en los cables de energía, la cual, en última instancia, es una manera de apreciar

Ventajas de la flexibilidad.

- Mayor facilidad para sacar o meter el cable en el carrete, lo que minimiza la probabilidad de daño al momento de instalar.

- Mayor facilidad para colocar en posición en la instalación, especialmente en lugares estrechos.

- La construcción del cable que permita dobleces y cambio de dirección en general, sin menoscabo de la integridad del mismo, -- conduce evidentemente a una instalación confiable.

- Un manejo sencillo de un material contribuye a que los instaladores trabajen con más rapidez y menos esfuerzo, evitando que pongan en práctica métodos que resultarían perjudiciales, como calentar el cable para permitir dobleces.

4.- Nivel de Aislamiento y Nivel de Protección

El nivel de aislamiento de una parte de equipo se define como la relación de su impulso y tensión permisible.

El nivel de aislamiento al impulso está relacionado con la máxima tensión del sistema.

El nivel de protección al impulso de un dispositivo de protección es la más alta tensión (valor cresta) que aparece en sus terminales cuando una tensión de impulso de forma de onda estándar se aplica bajo condiciones específicas. Este nivel de tensión se denomina "el nivel de protección" del sistema al cual el dispositivo de protección está conectado.

Normalmente el nivel de aislamiento al impulso se ha establecido en un valor del 20 al 25% arriba del nivel de protección y se verifica con pruebas de sobretensión al impulso (con una onda de 1.2/-50 microsegundos.

El nivel de protección establecida por los apartarrayos o -- "gaps" de coordinación, pueden no depender únicamente de la forma-

de onda y polaridad, también puede depender de otros factores como la magnitud de la onda de corriente y la distancia del dispositivo de protección al equipo e instalación por proteger.

Niveles de Aislamiento Reducidos

La proporción de las descargas (eléctricas de origen atmosférico) capaces de producir flameos en el aislamiento de las líneas, decrece a medida que la tensión en el sistema aumenta.

Una descarga eléctrica de origen atmosférico ocurre cuando una nube adquiere un potencial tan alto con respecto a tierra o con respecto a otra nube que se encuentra cercana al mismo nivel o en otro nivel, que las propiedades dieléctricas del aire circundante, se destruyen. Si la descarga tiene lugar directamente entre la nube y los conductores de la línea de transmisión, entonces la potencia que se debe disipar en un tiempo muy corto dentro del cual la descarga ocurre, puede ser del orden de 10^{10} KW y casi siempre causa daños considerables.

Sin embargo, la mayoría de las descargas tienen lugar en puntos adyacentes a la líneas, teniendo como resultado que se inducen tensiones en la línea en forma de ondas viajeras.

Las ondas de sobretensión por maniobra en los interruptores representan la causa principal de fallas en el aislamiento y por lo tanto los criterios que consideran solo las sobretensiones por descargas atmosféricas para la coordinación de aislamiento, deben ser reconsiderados.

El primer problema que se presenta en los niveles de tensiones altas para la transmisión, es que el aislamiento de las cadenas y claros en el aire (distancia de conductor a estructura y conductor), no se incrementa linealmente con la tensión, se incrementa en forma aproximada como voltaje (\sqrt{V}).

Diseño de Aislamiento de las Líneas por Sobretensiones de Origen Atmosférico.

Para diseñar líneas de transmisión con un comportamiento aceptable durante descargas atmosféricas, se debe disponer de métodos confiables para predecir posibles flameos y salidas de operación de la línea.

Todos los métodos de predicción se dirigen hacia la determinación de la frecuencia (F_1) con lo que habrá descargas en la línea (por 100 Km al año), la proporción de (P_1) de las descargas que causarán flameo en el aislamiento y la proporción (P_2) de los flameos que producirán fallas en el suministro de potencia.

Índice de flameo (FA) = $F_1 P_1$ flameo/100 Km al año.

Índice de salida (ST) = (FA) P_2 salidas/100 Km. al año

Las ondas de descarga en las líneas de transmisión se pueden presentar por las tensiones inducidas por las descargas a tierra en la vecindad de una línea.

Las descargas de los conductores de fase producen las más altas sobretensiones para una corriente de descarga dada. Un valor aproximado del potencial en el conductor en el punto de descarga, se puede calcular con la corriente de descarga (I), se afecta muy poco por el valor de la impedancia característica (Z_0), ya que la corriente inyectada fluye en ambas direcciones, de aquí se tiene que.

$$V = \frac{I Z_0}{2}$$

Por ejemplo una descarga de corriente relativamente baja -- del orden de 10 KA con una impedancia de 500 Ohms para una línea puede causar un potencial de:

$$V = \frac{10\ 000 \times 500}{2} = 2\ 500\ KV$$

Sólo las líneas aisladas para extra altas tensiones podrían soportar este esfuerzo. Es por esto que la mayoría de las descargas pueden producir flameo y que se requiere de diseños adecuados.

Las interrupciones de circuitos que siguen el flameo, se deben evitar o al menos limitar por medio de bobinas supresoras de arco o dispositivos de protección como son los apartarrayos o tubos protectores cuyo objetivo final es la extensión de la potencia que sigue al arco.

Sobre las líneas de transmisión que tienen una alta incidencia de descargas atmosféricas es una práctica común prevenir las descargas directas a los conductores de fase mediante el empleo de los conductores para blindaje, conocidos comúnmente como hilos de guarda que tienen como objetivo interceptar las descargas por rayo y conducir las a tierra.

El potencial se crea por la corriente que fluye a través de las partes conectadas a tierra de una línea, es mucho menor que los debidos a las descargas directas, pero una corriente suficientemente grande puede causar flameos por reflexión.

En el diseño del aislamiento en líneas de transmisión la densidad de descargas a tierra (N_t) y el área de atracción proporcionan una buena información de ¿cuántas descargas podrán ocurrir en una línea de transmisión o subestación durante un año?; se razona suponer que el área de atracción dependerá de la altura de los conductores más expuestos y en una forma muy simplificada se obtiene la banda de atracción como:

$$4h + b$$

donde:

h = altura de los conductores más expuestos en cada extremo de la línea, y

b = separación entre los conductores.

Otra fórmula obtenida en la Unión Soviética y que se aplica a torres de 25 a 30 M de altura, se considera la altura promedio - (h) del hilo de guarda

$$F_1 = 2.7h (DT)/30 \text{ descargas/100 Km}$$

DT = días con tormenta al año

En la mayoría de los casos, una descarga directa o muy cercana del conductor de fase produce flameo en el aislamiento de la línea. El flameo puede incluir el aislamiento de fase a fase (Vff), así como el aislamiento de línea a tierra (Vfn). La corriente crítica del rayo está dada como:

$$I_1 = 2 Vfn / Z_0$$

Una vez seleccionado el material apropiado para el aislamiento del cable, es necesario determinar el espesor de acuerdo con el fabricante, tomando como base la tensión de operación entre fases y las características del sistema, según la clasificación siguiente

CLASE 1 NIVEL 100%. Quedarán incluidos los cables que se usen en sistemas protegidos con relevadores que libren fallas a tierra lo más rápido posible en un tiempo no mayor a un minuto. Este nivel de aislamiento es aplicable a la mayoría de los sistemas (en los puntos de aplicación del cable donde la razón entre la reactancia de secuencia cero y de secuencia positiva (X_0/X_1) no esté en el intervalo de -1 a -40 y que cumplan las condiciones de liberación de falla ya que en los sistemas incluidos en el intervalo descrito pueden encontrarse valores de tensión excesivamente altos en condiciones de falla a tierra.

CLASE 2 NIVEL 133%. Se incluyen los cables destinados a instalaciones en donde las condiciones de tiempo de operación de las

protecciones no cumplen con los requisitos del nivel 100%, pero -- que en cualquier caso, se libera la falla en no más de una hora.

CLASE 3. NIVEL 173%. Los cables de esta categoría deberán aplicarse en sistemas en los que el tiempo para liberar una falla - no está definido. También se recomienda el uso de cables de este - nivel en sistemas con problemas de resonancia, en los que se pueden presentar sobretensiones de gran magnitud.

PANTALLA SOBRE EL AISLAMIENTO

Las funciones de las pantallas sobre el aislamiento son:

- Crear una distribución radial y simétrica de los esfuerzos eléctricos en la dirección de máxima resistencia del aislamiento.

Los cables de energía, bajo el potencial aplicado, quedan sometidos a esfuerzos eléctricos radiales, tangenciales y longitudi-
nales.

Los esfuerzos radiales están siempre presentes en el aisla-
miento de los cables energizados. El aislamiento cumplirá su fun-
ción en forma eficiente si el campo eléctrico se distribuye unifor
memente. Una distribución no uniforme conduce a un incremento de -
estos esfuerzos en porciones del cable, con el consecuente deterio-
ro.

Los esfuerzos tangenciales están asociados con campos radia-
les no simétricos y ocurren en cables multiconductores, cuando ca-
da uno de los conductores no está apantallado y en cualquier cable
monopolar sin pantalla.

Los esfuerzos longitudinales no necesariamente están asocia
dos con campos radiales asimétricos y siempre lo están con la pre
sencia de tensiones superficiales a lo largo del cable.

- Proveer al cable de una capacitancia a tierra uniforme.

Se proveen los cables que se instalan en ductos de terreno-
húmedo o ductos de características eléctricas variables. Esto da-

como resultado una capacitancia a tierra variable y, como consecuencia, una impedancia no uniforme.

Ventajas que se obtienen en el cable al colocar pantallas sobre el aislamiento.

a) Presentar una impedancia uniforme, evitando reflexiones y eliminando la posibilidad de producir sobretensiones dañinas al aislante.

b) Proveer al cable de la máxima capacitancia del conductor a tierra y, consecuentemente, reducir al mínimo las ondas de sobretensión.

c) Absorber energía de las ondas de sobretensión al inducir en la pantalla una corriente proporcional a la del conductor.

d) Reducir el peligro de choque eléctrico al personal y proveer un drenaje adecuado a tierra de las corrientes capacitivas.

e) Reducir el peligro de descargas eléctricas al personal o en presencia de productos inflamables; ocasionado por:

El contacto del personal con la cubierta puede dar lugar a un choque eléctrico que pudiera incluso causar la muerte, si las corrientes de carga de una longitud considerable de cable se descargan súbitamente en el punto de contacto. Aunque el contacto que se tuviera con la cubierta no fuera letal, el choque eléctrico puede dar lugar a caídas y accidentes de gravedad.

La diferencia de potencial pudiera superar la rigidez dieléctrica del aire y producir descargas, que en presencia de materiales combustibles o explosivos fueran de características desastrosas.

Pantalla Semiconductora Sobre el Aislamiento

La pantalla semiconductor sobre el aislamiento se encuentra en contacto inmediatamente con éste. Esta formado por un material semiconductor compatible con el material del aislamiento, la pantalla asegura el contacto íntimo con el aislamiento, aun en el caso

de movimiento de la pantalla metálica.

La pantalla semiconductor sobre el aislamiento, para cables con aislamiento seco, puede estar constituida por una capa de material termoplástico o termofijo semiconductor, o bien, por cinta semiconductor y/o barniz semiconductor.

Para cables aislados con papel impregnado en aceite se emplean cintas de papel Carbón Black (CB) semiconductoras.

PANTALLA METALICA

La pantalla metálica puede constar de alambres, cintas planas o corrugadas o combinación de alambres y cinta. En el caso de cables aislados con papel, la cubierta de plomo hace las veces de la pantalla. El diseño de la pantalla metálica se debe efectuar de acuerdo al propósito de diseño, que puede ser:

- Para propósitos electrostáticos
- Para conducir corriente de falla
- Como pantalla a neutro

Pantalla para propósitos electrostáticos.- Estas pantallas deben ser en general de metales no magnéticos y pueden estar constituidas de cintas, alambres o bien pueden ser cubiertas metálicas (plomo o aluminio).

Pantallas para conducir corriente de falla.- En la pantalla metálica se puede requerir una conductancia adicional para conducir corriente de falla, dependiendo de la instalación y características eléctricas del sistema, particularmente en dispositivos de protección por sobrecorriente y corriente prevista de falla a tierra.

Pantalla neutro.- Con las dimensiones apropiadas se puede diseñar la pantalla, para que en adición a las funciones descritas opere como neutro; por ejemplo, sistemas residenciales subterráneos

Aisladores de Porcelana y Aisladores de Vidrio

Las dimensiones de un aislador están en relación estrecha con la tensión límite que puede soportar sin flamear, y con la corriente que se escapa a lo largo de su superficie.

Aislador de Porcelana.- La porcelana se moldea con los procedimientos en humedad homogénea, compacta sin porosidad y después -- del armado, toda la superficie debe ser verificada.

Aislador de Vidrio templado.- Tienen aproximadamente la misma resistencia mecánica a la tensión que la porcelana; mecánicamente -- son más fuertes que los de porcelana a la compresión.

Los aisladores de vidrio tienen las siguientes ventajas sobre los de porcelana.

Se pueden observar las perforaciones y constituciones no homogéneas.

Se pueden identificar más rápidamente después de una onda de sobrevoltaje porque el vidrio se estrella y el de porcelana se rompe cuando falla el dieléctrico.

Minimiza los esfuerzos causados por cambio de temperatura ambiente por tener el vidrio menor coeficiente de expansión térmica.

Los aisladores de vidrio se sobrecalientan menos debido a los rayos solares; ya que la mayoría de los rayos pasan a través de estos y no los absorben como los aisladores de porcelana.

Los aisladores por su construcción son de dos tipos: alfiler y suspensión.

Tipo alfiler.- Estos aisladores se encuentran fijados por medio de un alfiler o perno que a la vez está sujeto a la cruceta en la estructura de la torre; su costo se incrementa a razón de que la tensión aumenta, tienen un factor de seguridad arriba de diez contra posibles perforaciones; figura 4.0

AISLADOR TIPO ADEILER

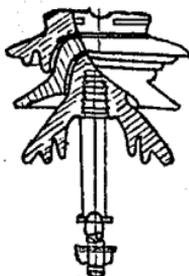


figura 4.0

Tipo suspensión.- El conductor se suspende de bajo del soporte por medio del aislador o aisladores; con un número deseable de aisladores se forman cadenas; cuando un aislador falla, solo se requiere cambiar un aislador y no la cadena completa; provocan mayor oscilación por efecto de temblores o viento debido a la flexibilidad de los aisladores que dan en los montajes ; figura 4.1

AISLADOR TIPO SUSPENSIÓN

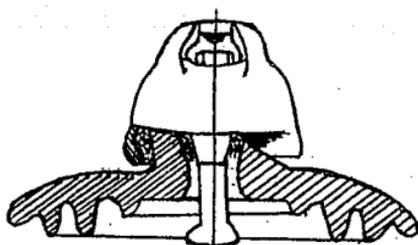


figura 4.1

Ventajas de aisladores tipo suspensión sobre aisladores tipo alfiler.

- Cada aislador se diseña para una tensión de trabajo relativamente baja y entonces el voltaje total requerido se obtiene usando una cadena con un número deseable de aisladores

- En el caso de una falla en un aislador, sólo se requiere cambiar un aislador y no la cadena completa.

- Los esfuerzos mecánicos se reducen en virtud de que la línea se encuentra suspendida flexiblemente en el caso de los aisladores tipo alfiler la naturaleza rígida del soporte produce fatiga y debido a la característica intermitente del esfuerzo se vuelve quebradizo del aislador.

- En el caso de aumentar la tensión nominal de operación de una línea, los requerimientos de aislamiento se pueden lograr aumentando el número de aisladores necesarios a la cadena, y no un cambio total de aisladores como ocurre con los de tipo alfiler

Las principales desventajas del Aislador tipo suspensión son:

- A igualdad de tensión y sin modificaciones el gasto inicial de un aislador tipo alfiler es menor de 50KV y hacia arriba que -- uno tipo suspensión.

- La flexibilidad que los aisladores tipo suspensión dan en el montaje, reduciendo los esfuerzos mecánicos durante la operación de las líneas, provocan a su vez mayor oscilación por efecto de -- temblores o viento que en los de tipo alfiler para claros interpos-
tales iguales y consecuentemente se requiere de una distancia ma-
yor entre fase y de fase a estructura lo que hace que esto aumente el costo de las líneas de transmisión.

- Un tamaño normalizado de aisladores para cadena es de 254x 146 mm.

Distribución de Tensiones en una Cadena de Aisladores:

Se obtiene al determinar la distribución de tensiones a lo largo de una cadena con aisladores idénticos debido a la capacitancia que se forma en el aire. Entre cada unión y las torres que están conectadas a tierra. En la figura 4.2 se muestra el arreglo de capacitancias para una cadena con 5 aisladores.

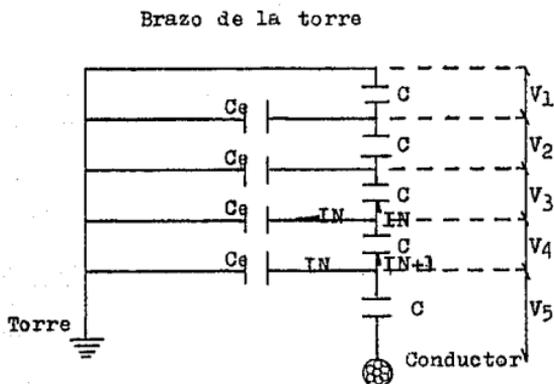


figura 4.2

C es la capacitancia de cada aislador y es del orden de 30 pf.

C_e es la capacitancia (en aire) entre cada unión y la torre, este valor de C_e está dado para el más alto valor de tensión en el sistema y la mayor distancia entre la cadena y la torre y la menor distancia es del orden de 3 a 6 pf (3 a 6×10^{-12} f).

La capacitancia formada entre el conductor y la torre es muy pequeña y no tiene efecto en la distribución de la tensión en la cadena de aisladores, lo mismo ocurre con las capacitancias (en el aire) entre las uniones en los aisladores que forman la cadena y el conductor de la línea.

En la figura 4.2 se muestran las capacitancias asociadas con una cadena de aisladores con la notación indicada se tiene.

$$I_{N+1} = I_N + jN$$

Y en particular para cada capacitancia la corriente se define como:

$$I = j\omega CV$$

Y si se define la relación m como.

$$m = \frac{\text{Capacitancia por aislador}}{\text{Capacitancia entre cada unidad a tierra}}$$

Entonces la capacitancia entre cada unión y la torre se puede expresar como.

$$C_e = C/M$$

La tensión en la unidad $m+1$ de la cadena de aisladores, contados del brazo soporte del conductor está dado como

$$V_{N+1} = V_N/m + V_N$$

Donde V_N es la tensión entre el brazo o soporte de la torre a la unión de las unidades (aisladores).

El valor de V_N se puede encontrar a partir del hecho de que la tensión total a través de la cadena de aisladores es la suma de las tensiones individuales a través de cada unidad y a partir de este valor V_{N+1} , V_{N+2} , etc. se puede calcular por sustitución.

La importancia en el diseño del aislamiento de las líneas de transmisión es la "eficiencia de la cadena"; que es una medición de la utilización del material en la cadena donde.

$$\text{Eficiencia de la cadena} = \frac{\text{Tensión de Arqueo para } n \text{ aisladores}}{n \times (\text{Tensión de arqueo para } 1 \text{ aislador})}$$

En condiciones normales de operación esto da una variación ligera; para sobretensiones por rayo o por maniobra es importante la posición de la cadena.

CARACTERISTICAS DE CONTAMINACION DE CA

Contaminación de corriente alterna en los aisladores tipo disco producida en los voltajes.

Los voltajes de resistencia de contaminación de aisladores-disco; son de dos tipos: tipo normal y tipo niebla, ambos son proporcionales a la longitud de sus cadenas.

Los aisladores disco tipo niebla tienen los voltajes de resistencia aproximadamente 1.4 veces mayor que los aisladores disco tipo normal; cuanto más grande se hace el diámetro del aislador disco, tanto más larga se hace la distancia de fuga por el voltaje de resistencia de un disco.

Contaminación de corriente alterna en los aisladores de porcelana.

La porcelana con diámetro más grande se usa para distancias de fuga más larga; y la porcelana de diámetro más pequeño se usa para distancias de fuga más corta. Si el diámetro medio es igual-aproximadamente, los voltajes de resistencia en niebla en relación a los bujes de porcelana aumentan en proporción con la distancia de fuga de superficie.

El voltaje de resistencia en niebla de los bujes de porcelana tienen una tendencia a disminuir a medida que el diámetro del aislador se hace más largo.

CARACTERISTICAS DE CONTAMINACION DE CD

La polaridad del voltaje de corriente directa influye sobre las características de resistencia contra contaminación de los aisladores.

Normalmente el voltaje de resistencia de polaridad negativa

es más bajo al voltaje de resistencia de polaridad positiva.

El voltaje de resistencia CD contra contaminación es proporcional a la longitud de la cadena; al igual que el voltaje de resistencia de CA.

Al hacer diseños de anticontaminación; debe obtenerse la -- distancia de fuga por voltaje de resistencia de un disco.

CONTAMINACION DE AISLADORES

Contaminación de Sal ordinaria.- Es la contaminación acumulada debido a viento calmado.

Contaminación de Sal rapida.- Es la contaminación de sal en áreas costeras debido al fuerte viento, tales como tifones.

Contaminación de Desierto.- Es la contaminación de arena y polvo en áreas de desierto. A veces los contaminantes incluyen -- sal.

Contaminación Industrial.- Es la contaminación química debido a hollín y humo. Como la composición del hollín y humo es compleja es difícil averiguar su influencia sobre el fenómeno del -- flameo por la contaminación. Entonces para evaluar los niveles de contaminación industrial, los contaminantes se clasifican en solubles e insolubles.

Los contaminantes Solubles.- Forman electrólitos bajo llo--vizna y niebla causando descargas superficiales.

Los contaminantes insolubles.- Se relacionan a la capacidad de retención de agua que poseen los aisladores y empeora la dis--tribución del voltaje del paso de fuga a causa de la desecación - termal debido a la corriente de fuga.

Efecto de Contaminación en los Aisladores.

Durante la operación de las líneas de transmisión se pueden tener problemas con el aislamiento por varios factores.

La contaminación atmosférica puede producir alteraciones en el aislador; la resistencia superficial de un aislador como se vé afecta por el depósito forman capas conductoras continuas cuando hay humedad. Las corrientes de dispersión en estas condiciones fluyen por estas capas y el agua se evapora primero en aquellas áreas en donde el producto de la densidad de corriente y la resistividad de la superficie es mayor.

Los flameos por contaminación ocurren con frecuencia bajo -- condiciones de niebla o lluvia salina, aunque también cuando los aisladores por humos o polvos quedan cubiertos en forma de agua -- contaminada y en algunas ocasiones por hielo contaminado.

Metodos conocidos para prevenir los flameos por efecto de la Contaminación.

- Los aisladores se pueden lavar con la línea en vivo por medio de chorros de agua a alta presión lanzados con mangueras; el agua que se use debe ser limpia y en lugares frios se debe emplear agua caliente; siendo costoso este metodo.

- Baño de agua permanente en forma de regadera se pueden montar arriba de cada aislador o cadena de aisladores; el agua que se use debe ser limpia para evitar el riesgo de producir más flameos

- En lugares con alto indice de contaminación la limpieza de aisladores se puede hacer manualmente; poniendose fuera de servicio la instalación; este metodo es necesario hacerlo aunque resulte costoso.

- Los aisladores tipo alfiler que se usen en áreas de alta contaminación se deben seleccionar de tal forma que las "camisas -

produzcan el máximo beneficio cuando se tenga lluvia por lavado. En los aisladores tipo suspensión se tienen menos problemas de contaminación que en los de tipo alfiler .

- Dado que la superficie húmeda de los aisladores casi no ofrecen resistencia los extremos de las campanas deben estar suficientemente espaciadas de manera que se tenga una trayectoria de dispersión suficientemente larga a través del aire entre campanas adyacentes y entre campana inferior y alfiler, para los aisladores tipo alfiler.

- Los aisladores pueden ser recubiertos con una jalea de petróleo repelente al agua. La jalea es suave y suficiente para absorber las partículas sucias aislando unas de otras y previniendo que el agua no haga contacto con ellas, esta jalea debe ser químicamente estable y no cambiar su estado gelatinoso con los cambios de temperatura; debe ser fácil de poner y quitar ya que se cambia cada 12 meses.

- Se pueden emplear barnices semiconductores sobre los aisladores de porcelana con lo que se logra teóricamente una resistencia infinita a las corrientes dispersas, pero debido a que los barnices tienen un coeficiente de temperatura negativo (para las resistencias) la corriente de dispersión es del orden de mA. De esta forma la formación de humedad y anillos secos que conducen a los flameos se previenen.

+ Las torres de transmisión con sus secciones transversales (brazos) aislados con resinas a base de fibra de vidrio están en desarrollo; ya que esto puede reducir el esfuerzo eléctrico en las cadenas de aisladores sin aumentar el tamaño de la torre estos brazos al estar horizontales son fácilmente lavados por la lluvia. Los principales problemas que se han tenido son la fragilidad mecánica y la erosión.

CONTAMINACION CORONA

La contaminación corona se considera al diseñar las líneas, primero debe determinarse el nivel de ruido de corona que se produce de los conductores y diseñar las cadenas de aisladores de -- tal manera que no se produzca el ruido de radio que excede este nivel.

El nivel admisible del ruido de radio se determina por la relación relativa del ruido de radio con la fuerza del campo eléctrico de las ondas de radio difusión de las áreas donde atraviesan las líneas de transmisión; normalmente los diseños deben de tener más de 20 desiveles, el ruido de radio que se produce de los conductores se obtiene prácticamente por el gradiente de potencial eléctrico de la superficie de los conductores: que se determina por la clase del conductor usado y la tensión del sistema.

SELECCION Y PRUEBA DE AISLADORES

En la selección de aisladores intervienen diversos factores como son: facilidad de pago, conexiones bancarias y comerciales, experiencias anteriores en los pedidos, y muchos otros sin carácter técnico; pero que son factores importantes en la decisión de estos.

En términos generales se prefiere el aislador, que por el mismo precio tenga la más larga línea de escape, la mayor tensión de flameo húmedo, la mayor capa de ruptura, la menor radio interferencia el que sea más fácil para poner y quitar, el que sea menos fragil. Para las características uniformes de aisladores se ha fijado el nivel de aislamiento de las líneas basado en impulsos con olas de forma reglamentada, y que se las designa por el tiempo que transcurre entre el principio de la ola y el máximo, y entre éste y el instante en que el potencial desciende a la mitad del máximo.

NIVELES DE AISLAMIENTO EN KV Y TENSION EN FLAMEO SECO.

Según la tensión nominal de la línea, enKV

NOMINAL NIVEL FLAMEO			NOMINAL NIVEL FLAMEO			NOMINAL NIVEL FLAMEO		
KV	KV	KV	KV	KV	KV	KV	KV	KV
2.5	45	20	23	150	75	138	650	390
5	60	--	35	200	100	161	750	445
7.2	--	40	46	250	125	196	900	---
8.7	75	--	69	350	175	230	1050	640
11	95	55	92	450	---	287	1300	---
15	110	--	115	550	315	345	1550	--

tabla 4.1.1

Estas cifras se refieren a condiciones normales de presión -- (76 cm Hg), temperatura (25 °C) y humedad absoluta (15.45 mm Hg) en prueba de impulso, con detonador de varilla que produzca 50% de flameo y 50% de aplicación de impulso a los aisladores, y cuya apertura mide el potencial de la ola reglamentaria, en lo referente a niveles; usando corriente de 60 Hertz en prueba de flameo seco.

El flameo se produce al instante, cuando el potencial de la ola es muy grande respecto a la clasificación o nivel del aislador; pero cuando apenas excede del límite crítico tarda un tiempo considerable.

Para los fines de construcción se emplea la tabla 4.1.2, corrigiendo por densidad de aire y humedad actuales.

La corrección por humedad se hace aumentando a los valores de la tabla el 1% por mm. de mercurio abajo de 15.45 mm. Hg y disminuyen do 1% arriba de 15.45 mm. Hg.

La corrección por densidad de aire se hace multiplicando los valores de la tabla por el factor de densidad de aire.

TENSIÓN DE FLAMEO CON IMPULSO DE DISCO DE 254x146

Según el número de discos en la cadena

<u>Número</u>	<u>Kilovolts</u>	<u>Número</u>	<u>Kilovolts</u>	<u>Número</u>	<u>Kilovolts</u>
3	350	6	600	14	1250
4	450	8	750	16	1400
5	550	10	930	20	1700
-	---	12	1100	--	----

tabla 4.1.2

Los accidentes en líneas son producidos por rayos directos, casi exclusivamente, por lo cual el proyecto de la torre y la elección del aislador, se rigen por la teoría de la descarga directa. Por consecuencia se busca la reducción al mínimo de la impedancia a tierra de las torres; la colocación de los conductores dentro de un ángulo de 30° con la vertical que pasa por el cable de guarda cercano; una separación adecuada entre cables de guarda y conductores; y un nivel de aislamiento coordinado entre todos los aisladores del sistema.

Las pruebas fundamentales del modelo proyectado son determinar o afirmar, las características de un aislador nuevo y verificar el requisito de cumplimiento, cada aislador que sale de la fábrica es probado pieza por pieza, para garantizarlo contra pruebas de manufactura, falta o exceso de cocimiento, accidentes en el proceso; y cuantas variaciones pueda hacer diferente a uno o varios de los aisladores respecto al modelo convenido. Siendo la porcelana eléctrica un material de dureza extraordinaria y rigidez sorprendente; no es necesario someter a los aisladores a una segunda prueba.

Se hace una prueba periódica de todos y cada uno de los discos que funcionan en la línea, cada año; la ventaja de realizar -

esta prueba que permite cambiar los elementos malos antes de que la falla se haga sentir en la transmisión.

La prueba se puede realizar: con la línea en servicio, o fuera de servicio.

La prueba de línea de circuito sencillo y de consumo exigente generalmente se hace en servicio; la prueba fuera de servicio es más efectiva y rápida.

Son tres las Pruebas más importantes que se realizan a los aisladores y estas son: pruebas prototipo, pruebas de flameo y - pruebas de rutina solo se mencionan sin entrar en detalle.

1.- PRUEBAS DE PROTOTIPO

-Prueba de ciclo térmico.

El aislador se sujeta tres veces a un ciclo de temperatura como el siguiente: inmersión por T minutos en un baño de agua a una temperatura de 70 °C sobre la temperatura del agua ambiente-se saca y se mete tan pronto como sea posible en agua a la temperatura ambiente. Se saca por T minutos y se repite hasta completar el ciclo. El aislador pasa la prueba si al completar el ciclo no se daña la porcelana o el recubrimiento externo.

El tiempo T se calcula de acuerdo a; $T = (15 + w/1.36)$. Donde w es el peso del aislador en kilogramos.

-Prueba Mecánica.

Se aplica a los aisladores tipo alfiler. La prueba es una prueba de deflexión; se aplica una carga de tres veces la máxima carga de ruptura especificada durante un minuto; una carga de -- dos veces la máxima aplicada durante un minuto no debe producir una deflexión permanente del 1%

-Prueba Electromecánica

Esta prueba se aplica a unidades de aisladores tipo suspensión o tensión únicamente.

El aislador es sometido a un esfuerzo mecánico de 2.5 veces la máxima carga de trabajo especificada manteniéndose durante un minuto y aplicando simultáneamente el 75% de la tensión de flameo.

-Prueba de Perforación

En el caso de los aisladores tipo alfiler se aplica una tensión entre el alfiler y la lámina que sirve de frontera y que se encuentra sobre la campana más alta y la ranura lateral, en el caso de los aisladores tipo suspensión entre las unidades metálicas. El aislador debe estar completamente sumergido en aceite aislante en un cuarto con temperatura controlada, elevando la tensión rápidamente como lo indica la norma correspondiente y el aislador no debe sufrir perforación.

-Prueba de Porosidad.

Las piezas de aisladores nuevos completamente pulidas y terminadas y que se rompan o quiebren a propósito no deben mostrar signos de impregnación cuando se sumerjan por un periodo de 24 horas en una solución especial y a una presión que establecen las normas.

2.- PRUEBAS DE FLAMEO.

-Prueba de Flameo al 50% de Impulso.

La prueba debe hacerse sobre un aislador limpio montado en la forma normal o como lo indica la norma y el generador debe aplicar una demanda normalizada de 1.2/50 micro segundos de una amplitud tal que el 50% de los impulsos aplicados causen flameo se in--

vierte la polaridad de las ondas aplicadas y se repite la prueba. se deben aplicar por lo menos veinte ondas de impulso en cada caso y el aislador no debe sentir daño.

-Prueba de Flameo Seco por 1 Minuto.

A un aislador limpio montado en la forma normal se le aplica una tensión a la frecuencia nominal del sistema.

La tensión aumenta en forma gradual hasta los valores que especifica la norma y se mantiene durante 1 minuto hasta que el flameo ocurre. El aislador se hace flamear por lo menos otras cuatro veces - incrementando en cada paso la tensión hasta que llegue al valor de prueba aproximadamente en 10 segundos y la media de 5 aplicaciones consecutivas no debe ser menor que el valor que se establezca en la norma.

3.- PRUEBAS DE RUTINA

-Pruebas Eléctricas de Rutina.

Para los aisladores tipo alfiler la prueba se efectúa poniendo los aisladores en posición invertida a su montaje normal y se sumergen en agua, el agujero donde se introduce el alfiler también se llena de agua.

La prueba se inicia con bajas tensiones que se van incrementando - hasta que ocurre el flameo en intervalos de segundos. La tensión se mantiene durante 5 minutos o hasta que la falla ocurra hasta 5-minutos después de que la última pieza perforada haya sido removida. Al llegar a esta situación la tensión se reduce hasta un tercio de la tensión de prueba antes de desconectar. En los aisladores tipo suspensión por supuesto no se requiere de inmersión en el agua.

- Pruebas Mecánicas de Rutina

Después de que se ha montado una cadena de aisladores esta-

se suspende en posición horizontal o vertical y se aplica una carga de tensión mecánica con un 20% de exceso del valor especificado como máxima tensión mecánica durante un minuto.

Para las pruebas de aisladores que en general se aplican dos tipos de tensiones.

La relación de las dos tensiones de flameo se conoce como relación de impulso y se expresa como:

$$\text{RELACION DE IMPULSO} = \frac{\text{Tensión de flameo al impulso}}{\text{Tensión de flameo a la frecuencia nominal}}$$

Esta relación tiene valores del orden de 1.4 para aisladores tipo alfiler y 1.3 para el tipo suspensión.

FALLAS DE AISLAMIENTO

Se dice que hay falla de aislamiento cuando una parte del material aislante, que normalmente separa dos conductores distintos o dos puntos de un mismo conductor a potenciales diferentes, sufre la presión eléctrica y deja pasar volúmenes indefinidos de corriente que no sigue la trayectoria normal señalada por la carga o por los elementos del circuito original, entre conductores aéreos a tierra, causada por desprendimiento del conductor del amarre que lo sostenía en el aislador y contacto con la cruceta en torres o postes de fierro, o en conductores de circuitos extraños conectados a tierra; ruptura de aislamiento por causa mecánica y arco entre el alfiler y el conductor; contacto accidental del conductor con alambres de teléfono o telégrafo durante el tendido de líneas, o después; contacto con ramas húmedas de árboles cercanos, techos metálicos, tubos y chimeneas, bajo la acción de aves de rapiña que posan sobre los aisladores, entre conductor y conductor de una línea aérea, causada por contacto directo, o acercamiento exce--

sivo de ellos, durante una tormenta o huracán bajo la presión de árboles u objetos impelidos por el viento o ruptura de conductores y caída de ellos sobre otros; cañas levantadas por el viento que vienen a tocar dos o más conductores, rayos directos e indirectos que hacen flamear dos o más aisladores de conductores opuestos y que pueden afectar a otras faces.

Las fallas a tierra son numerosas y se presentan en todas partes del sistema, como resultado de accidentes "causas de fuerza mayor" o desequilibrio entre la rigidez dieléctrica de aislamiento y la tensión aplicada, sea por disminución de aquella o por aumento de esta.

La disminución proviene del deterioro o desgaste, carbonización y nitrificación de las fibras orgánicas, humedad, resequedad agrietamiento, etc.

El aumento corresponde a: rayos, olas eléctricas, resonancia y sobretensiones en general.

Las fallas de polo a polo, o fallas trifásicas ocurren en líneas aéreas con motivo de cruzamiento y rayos, y en las barras descubiertas o mal separadas, en ocasión de contacto accidental. Una parte de ellas comenzó por ser falla a tierra y evolucionó -- hasta envolver dos o tres faces.

También se presentan en transformadores y generadores, aunque con menos frecuencia que en líneas y barras y están sujetas, a evolución semejante.

SELECCION DE AISLADORES PARA SUBESTACIONES

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.), tipo C.A. a C.D.

o bien conservarle dentro de ciertas características.

Subestaciones Unitarias.- Se fabrican en secciones o partes para facilitar su transporte y montaje, pero una vez instaladas -- forman un solo conjunto. Cada sección o parte llena una función; mide, protege, conecta o desconecta, transforma, etc.

Los aparatos o equipos y sus conexiones se encierran o blindan en gabinetes metálicos de manera de proteger los propios aparatos, la propiedad y las personas encargadas de su manejo.

Las diferentes partes que componen una subestación son:

Acometida.- Es el lugar en que se hace la conexión en alta tensión a la subestación.

Verificación de Medidores.- Es la sección que sirve para comprobar el buen funcionamiento de los medidores de la compañía de luz.

Interruptores.- Esta sección tiene por objeto que el usuario pueda interrumpir en un momento dado, ya sea manualmente o automáticamente la totalidad del servicio eléctrico.

Desconectadores.- Los desconectadores, son para abrir un circuito, con fines de separarlo o modificarlo.

Fusibles.- Cuando un circuito se requiere proteger de sobrecarga se usan los fusibles.

Espacios libres.- Estos son gabinetes vacíos, o que en algunas ocasiones se dejan instaladas las barras alimentadoras.

Transformadores.- Como su nombre lo indica es la sección donde se convierte la energía suministradora en alta tensión; 2400 ó más volts, a baja tensión, utilizable en los aparatos de consumo, - 440, 220 ó 127.5 volts.

Como las subestaciones tienen diversas clases de equipo im--

portantes tales como transformadores e interruptores cuyos diseños de aislamiento se harán de tal manera que prevengan flameos en las subestaciones suprimiendo las ondas progresivas de sobretensión bajo los valores prescritos por medio de pararrayos cuando tales ondas se aproximan por un flameo en la línea de transmisión debido a los golpes de relámpago, sobretensiones de maniobra y otros.

Los diseños eléctricos de los aisladores para subestaciones se harán para evitar también la ocurrencia de flameo dentro de las subestaciones debido a la contaminación.

Las condiciones básicas que deben examinarse para los diseños son: el voltaje de transmisión del sistema, nivel de aislamiento, sobretensión de maniobra, contaminación, condiciones circunstanciales - tales como el nivel del mar, temperatura y corona.

Los voltajes anormales externos que causan problemas en la subestación son las sobretensiones que se aproximan através de las líneas. Generalmente, por la instalación de los pararrayos; las sobretensiones que se aproximan son suprimidas dentro de valores de voltaje diseñados y cada equipo es diseñado de tal manera que no tenga flameo a tal voltaje de diseño.

Contaminación de la Superficie de Aislador.- Cuando la subestación se ubica en una área severamente contaminada y si se cuenta sólo con los diseños de anticontaminación, puede proporcionar sobreaislamiento; en este caso se aplica con frecuencia la combinación adecuada de los diseños de anticontaminación con el equipo de lavado en línea viva.

En la práctica se provee el diseño de anticontaminación de densidad equivalente del depósito de sal; hasta de 0.03 mg/cm^2 para los aisladores de subestaciones usados en las áreas contaminadas, y aplicar el lavado de aisladores en línea viva para las contaminaciones más severas.

Corona.- Este efecto depende de varios factores, entre los más importantes se pueden considerar, el tipo de tensión, temperatura, densidad relativa de aire, presencia de vapor de agua etc.

Este fenómeno se puede explicar en forma semejante a la descarga en gases, ya que debido a la incidencia de radiaciones y otras causas; existen moléculas ionizadas en el aire, estas moléculas han perdido uno o más de los electrones que les corresponden y por tanto tienen cargas eléctricas positivas. Debido a la diferencia de potencial entre las líneas el campo electrostático acelera las partículas aumentando su energía cinética, provocando choques con otras partículas (ionización por impacto).

La velocidad de estas partículas en promedio, depende de su carga eléctrica, de su masa, la intensidad del campo electrostático y -- del camino libre entre impactos.

El camino libre entre impactos depende de la presión atmosférica y de la temperatura absoluta.

El ruido de corona producido en una subestación es de magnitud significativa, irradia no sólo alrededor de la subestación sino también se extiende a las líneas teniendo impacto en los alrededores es necesario que el nivel de ruido de corona de la subestación no excede el peor nivel de ruido de la línea conectada con la subestación.

Para este propósito, primero, se debe tomar el valor calculado del nivel de ruido de corona de la línea conectada con la subestación y después los diseños de corona se harán tomando en consideración el nivel de ruido de corona bajo tiempo lluvioso para la subestación cubierta.

CAPITULO QUINTO

SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Los sistemas de distribución son aquellos que llevan la potencia eléctrica hasta el consumidor haciendo la transferencia desde los sistemas de transmisión o subtransmisión; en la República Mexicana se tienen tensiones de 34.5 kV y menores para el nivel de distribución; dividiéndose en primarias y secundarias; siendo las secundarias aquellas que empiezan en el secundario de un transformador reductor y terminan en la entrada de servicio de los consumidores en donde se miden los consumos. Estos sistemas se caracterizan por muchas conexiones sólidas con pocas posibilidades de desconexión entre si.

En general la mayoría de los dispositivos de desconexión se usan normalmente en las redes primarias que operan a 13.2 , 13.8 , 23 ó 34.5 kV.

Las redes de distribución se clasifican en base a su tensión de operación.

1.- Las redes que operan de 0 a 1000 volts.

Siendo estas las de tensión secundaria que recomienda la Comisión Internacional de Electrotecnia; en México los circuitos de distribución secundarios son por lo general trifásicos de cuatro hilos de 115 a 127 volts de línea a neutro y 200 a 220 entre líneas

Las redes que operan desde 1000 hasta 34,500 Volts.

En México las tensiones de distribución primaria son: 6.6, - 13.2, 23 y 34.5 kV.

Los objetivos en el diseño de las redes de distribución son:

1.- Mantener la tensión de suministro a los consumidores dentro de los límites del reglamento vigente (variación de $\pm 5\%$).

2.- Máxima seguridad en el suministro de la energía eléctrica estableciendo un equilibrio técnico y económico, hasta el establecimiento de tarifas por consumo.

3.- Dimensionado de la instalación para cubrir demandas futuras a un costo mínimo.

Las instalaciones aéreas tienen costos iniciales bajos y en la República Mexicana son las más usadas tanto en ciudades como en poblaciones rurales, son susceptibles a fallas que pueden provocar un gran número de interrupciones en el servicio; debido a que están expuestos a contingencias físicas como son: descargas atmosféricas, lluvia, granizo, viento, polvos, temblores, gases contaminantes, y lluvia salina, y otros como contacto con cuerpos extraños como ramas de árbol, vandalismo y choques de vehículos.

Por su Aplicación las Redes de Distribución Pueden Ser Para:

a). Fuerza Motriz

La principal característica que debe tener una red usada para fuerza motriz debe ser su continuidad de servicio, razón por la que debe cumplir con un buen diseño, y un sistema de conexión adecuado.

b). Alumbrado Residencial y Comercial

Se incluyen a todos los consumidores de casas habitación ya sea en casa unifamiliar, condominios o conjuntos habitacionales, -- así como los centros comerciales que tienen distinta utilización de energía eléctrica; las tensiones varían con una regulación de un 3% en centros urbanos, en poblaciones rurales este porcentaje puede variar según la importancia de la carga por suministrar.

c). Alumbrado Público

Este servicio cubre las necesidades que se presentan en cen--

tros urbanos y poblaciones relacionadas con alumbrado de calles y avenidas, parques y jardines y en general caminos y centros de reunión exterior, por lo general este sistema de alumbrado está conectado en serie y puede ser con lámparas de vapor de sodio, mercurial, incandescente o fluorescente dependiendo del área por iluminar y la importancia de la misma.

d). Servicio de Tracción.

En este servicio se hace uso normalmente de corriente directa rectificandose la corriente alterna de suministro por las redes de distribución en las subestaciones de las empresas que proporcionan el servicio de tracción, teniendo este servicio como característica principal.

Característica General de Calidad en el Servicio

En el cual se consideran para efectos de diseño los siguientes aspectos:

a).- Continuidad

En cualquier tipo de carga a la que se suministra energía -- eléctrica es necesario mantener la continuidad en el servicio hasta el máximo posible debido a la importancia que tiene en la vida moderna el uso de la energía eléctrica; para satisfacer esta condición, es necesario que se tomen en consideración los siguientes -- elementos para el diseño: una protección adecuada que opere en forma rápida y permita eliminar con rapidéz cualquier elemento que sufra una falla o avería, disponer de circuitos de alimentación de emergencia, contar con medios de restablecimiento de servicio en forma rápida reduciendo al mínimo los tiempos de interrupción, escoger un buen arreglo de las redes y desde luego disponer en el -- sistema de suficiente reserva de generación.

b).- Regulación de Tensión.

La regulación de tensión es una cantidad que se expresa en porcentaje con respecto a la tensión nominal de operación de los aparatos de consumo.

Principales efectos que se producen en algunos elementos de consumo por variaciones en la tensión.

Lámparas Incandescentes.- Una tensión de operación menor que la nominal reduce su flujo luminoso y el consumo de la lámpara.

Lámparas Fluorescentes mercuriales y de sodio.- En estas lámparas la variación del flujo luminoso es menor que en las incandescentes, pero una reducción en la tensión afecta el arranque hasta un valor tal que la lámpara no prenda si la tensión aplicada es un 80% de la tensión nominal de operación; en todos los casos la baja tensión o una tensión superior a la nominal reduce la vida del equipo en estos tipos de lámparas.

Aparatos de Calefacción Eléctricos.- Los aparatos de calefacción eléctrica a base de resistencias consumen una potencia; la potencia consumida es proporcional al cuadrado de la tensión de operación, de manera que una tensión inferior a la nominal disminuye en forma considerable la cantidad de calor producida y una tensión alta reduce también en forma considerable la vida del aparato.

Equipo Electrónico en General.- Todo el equipo electrónico de tipo comercial normalmente está diseñado para operar con una tolerancia de $\pm 5\%$ en la tensión, si un equipo opera con una tensión superior a la de diseño se reduce su vida en forma considerable.

Motores Eléctricos.- En un motor eléctrico de tipo inducción, el par de arranque es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada, de tal forma que cuando la tensión de alimentación es baja se reduce en forma considerable el par de arranque y ya en operación la corriente de carga aumenta al disminuir la tensión, con-

lo que se produce calentamiento que en algunas ocasiones puede resultar excesivo y se reduce así su tiempo de vida.

Control de la Frecuencia.

La frecuencia es una cantidad que generalmente se controla - en las plantas generadoras de los sistemas eléctricos y por lo general se especifica como una cierta tolerancia arriba y debajo de la frecuencia nominal del sistema (60 Hz); la frecuencia solo afecta a los aparatos o máquinas que tienen reactancia inductiva o capacitiva como es el caso de los motores eléctricos.

CARACTERISTICAS DE LA CARGA

En los sistemas de distribución es una de las características más importantes; la característica de carga varía según el tipo de usuarios ya que hay criterios distintos según sea de tipo industrial, residencial o rural; en lenguaje y la terminología usada en la planeación y diseño de redes de distribución se establecen - los siguientes conceptos y definiciones.

Area Tipica de Carga.

Se entendera como área típica de carga a una parte o sección de una población que tiene características más o menos uniformes - en cuanto a las construcciones, nivel económico de los usuarios y tipo de actividades que se desarrollan.

Muestreo de Carga

Un muestreo de carga consiste en seleccionar de las áreas típicas de carga previamente clasificadas tres cuadras o más según - sea el tamaño del área para obtener un muestreo representativo que contenga como mínimo la siguiente información: número de consumo

res y el consumo total en el mes de mayor registro de la muestra - en kw H, registrandose esta información por lo menos 5 años antes de el estudio.

Densidad de Carga.

La densidad de carga se establece en dos formas, una es como carga en KVA ó MVA por unidad de área (KW^2) que es un método generalizado y la otra que corresponde propiamente a un diseño de detalle que establece la densidad de carga, el número de kW por cada - 100 metros de calle para suministrar el servicio.

Pronostico de Carga

En los sistemas de distribución se hace el pronóstico de carga basándose en el crecimiento vertical y el crecimiento horizontal.

Crecimiento Vertical.- Este crecimiento se refiere al aumento que se produce en la demanda en una área que ya cuenta con servicio eléctrico y que puede ser motivado por:

Construcción de conjuntos habitacionales y fraccionamientos, creación y/o ampliación de centros comerciales, cambios climatológicos bruscos, modificaciones en la forma de vida y costumbres de los -- consumidores.

Crecimiento Horizontal.- Este crecimiento se refiere al aumento en la demanda para el suministro de la energía eléctrica debido a la creación de conjuntos habitacionales, colonias, ampliación de colonias, creación de fraccionamientos y nuevos conjuntos habitacionales, electrificación rural, pozos de agua potable y estaciones de ferrocarril.

Términos usados en la planeación y diseño de redes de distribución

Carga Instalada.- Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos que se encuentran conectados en una área de terminada se expresa en KVA ó en MVA.

Demanda.- Es la potencia que consume la carga media por lo general en intervalos de tiempo y expresada en KW, KVA ó Kiloampere-res a un factor de potencia determinada.

Densidad de carga.- Es el cociente de la carga instalada y la longitud o el área de la zona considerada, se expresa en KVA/M, KVA/KM^2 ó MVA/KM^2 .

En la mayoría de los casos la carga no es constante durante el año, ya que la demanda de la energía eléctrica varía con la estación del año, por eventos especiales transmitidos por radio y televisión, por aumento de demanda, etc.

CAPITULO SEXTO.

CONCLUSION

En el procedimiento para la construcción de una torre utilizada en el tendido de líneas de Transmisión de alta potencia se puede concluir lo siguiente: Una torre es un elemento que sostiene a los conductores y aisladores; a todo el conjunto con la cimentación se le llama apoyo que se utiliza para conducir energía a grandes distancias; hay diferentes tipos de torres, que se utilizan de acuerdo a los esfuerzos a los que vayan estar sometidos; cuando el terreno es plano se utiliza una combinación de torres rígidas y flexibles, pero no siempre es así; cuando se va a cruzar un río, una vía de ferrocarril, cuando se tiene que cruzar otra línea o cuando se tiene que plantar la torre en una ladera; se utilizan torres especiales; en este último caso la torre queda expuesta a esfuerzos más rigurosos; por lo cual se reforzara más así como el conductor que sostiene debido al gran vano entre tierra y torre. Utilizandose en este caso la plantilla de distribución de apoyos; se le da el nombre de torre por la gran altura que alcanza.

Los Conductores y los Aisladores siempre van unidos al extremo de la torre; los aisladores son montados en, o sujetos a, cruces o bastidores; todo conductor tiene su aislamiento estos deben soportar diversos esfuerzos ocasionados por el medio ambiente así como el esfuerzo de la misma tierra o el ocasionado por la retura de otro conductor; es por esto que los conductores se deben construir de manera que tengan la mayor durabilidad, el menor costo, una buena flexibilidad para poder trabajar bien con ellos y una buena conducción de energía, los más usados en líneas de alta potencia son el cobre y el aluminio; para que cumplan con estos requisitos antes de instalarse son sometidos a una serie de pruebas-

semejantes a las reales para la utilización que se les vaya a dar ; la función del aislamiento es la de evitar el paso de la corriente que se pudiera ocasionar así como proteger al conductor de contaminantes ambientales; debe soportar los mismos esfuerzos a que está sometido el mismo conductor; utilizándose en altas tensiones el papel impregnado.

Un cable es un tramo de conductor aislado simple (sólido o trenzado) o dos o más de estos conductores, cada uno con su propio aislamiento, que se encuentran mecánicamente unidos. Tienen además una cubierta mecánica que protege al cable de los agentes externos del medio ambiente que lo rodea, tanto en la operación como en la instalación.

Para la obtención de la energía eléctrica desde que se genera hasta que llega al usuario; entre estos dos extremos hay toda una ciencia que para poder analizarla a detalle y poder abarcar todo el procedimiento se necesitarían varios trabajos de tesis; una sola persona no podría abarcar todo este trabajo es por esto que hay ingenieros especializados en cada ramo: los que estudian el terreno, los que trazan la ruta, los que montan las torres, los que hacen el tendido de los cables, los que fabrican los conductores, los que analizan los aisladores, etc.

BIBLIOGRAFIA

- Líneas Eléctricas Aéreas
Coombs Robert Ducan
1873 edición
- Líneas de Transporte de Energía
Luis Maria Checa 1988
tercera edición
- Líneas de Transmisión y Redes de Distribución
de Potencia Eléctrica
Gilberto Henriquez Harper
- Líneas Eléctricas e Instalaciones Eléctricas
Representaciones y Servicios de Ing S.A.
Carlos Luca Marin
- Curso Completo de Instalaciones Eléctricas
Henry A. Miller
segunda Edición
- Líneas de Transmisión
R.A. Chipman
- Teoria de Líneas Eléctricas
Enrique Ras