

870117

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA"



21 Egan

TEJIS CON
FALLA LE CR:GEN

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE
DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA POR LA U.A.G.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

DANIEL VILLEGAS CASTAÑEDA

GUADALAJARA, JAL.

1990



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

AGRADECIMIENTOS	
PROLOGO	1
ANTECEDENTES	3
INTRODUCCION	5
CAPITULO I	
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA	
1.1 Características generales	8
1.2 Calidad del servicio	10
1.3 Características de la carga	17
CAPITULO II	
SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA	
2.1 Descripción del sistema de distribución	19
2.2 Función del sistema de distribución	19
2.3 Clasificación de los sistemas de distribución	21
2.4 Aplicaciones de las redes de distribución	23
2.5 Estructuras de los sistemas de distribución	24
CAPITULO III	
ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO DEL PROYECTO	
3.1 Análisis técnico	35
3.2 Análisis económico	96

CAPITULO IV

EJECUCION DEL PROYECTO

4.1 Etapas para la ejecución del proyecto	107
4.2 Construcción	107
4.3 Especificaciones de equipo y material	111

CAPITULO V

MANTENIMIENTO AL SISTEMA

5.1 Mantenimiento preventivo para transformadores	118
5.2 Mantenimiento correctivo para transformadores	125
5.3 Recepción de transformadores	131
5.4 Instalación	133
5.5 Operación	136
5.6 Pruebas a que se someten los transformadores	138

CONCLUSIONES	142
--------------	-----

APENDICE

BIBLIOGRAFIA

PROLOGO

En el presente trabajo se hace el cambio de voltaje de distribución de 4.14 kv a 33 kv en las instalaciones del Campus Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Guadalajara.

Se han aplicado algunos conocimientos básicos, adquiridos en las aulas, así como también, los adquiridos en la práctica, siendo Jefe del Departamento de Equipos y Líneas Especiales de la Universidad Autónoma de Guadalajara. Tales conocimientos, aunque elementales, son de gran utilidad en la aplicación de la Ingeniería Eléctrica.

Los dos primeros capítulos, tratan sobre aspectos generales de los sistemas de energía eléctrica.

Posteriormente, se plantean las necesidades del cambio de voltaje de distribución, debido principalmente a las continuas fallas de energía eléctrica dentro de las instalaciones.

Se realiza también, el estudio técnico y económico del proyecto, que es la parte más importante del trabajo.

En el capítulo 4, se lleva a cabo la ejecución del pro-

yecto en sus primeras etapas, quedando la terminación en marcos de la Dirección General, quienes serán los encargados de ir marcando las etapas en este proyecto.

Me gustaría agregar un último capítulo para dar algunas sugerencias sobre el mantenimiento de todas las partes del sistema.

Espero que esta tesis sirva como guía en el Departamento de Equipos y Líneas Especiales, para que este proyecto no tenga más demoras y se logre hacer de la forma más apropiada.

Quiero agradecer a mis maestros, por haber compartido sus conocimientos de manera desinteresada, principalmente -- aquellos que me ayudaron a realizar el presente trabajo, los cuales de una manera u otra, han contribuido en mi formación profesional.

Con cariño y respeto a la Universidad Autónoma de Guadalajara, quien me brindó la oportunidad de trabajar como Catedrático y como Jefe del Departamento de Equipos y Líneas Especiales.

ANTECEDENTES

El Campus Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Guadalajara, se empezó a construir en los años 60. Para las necesidades eléctricas originales, C.F.E. suministraba 33 kv a una subestación propia de la Universidad y de ahí se transformaba y distribuía a un voltaje de 4.16 kv a los edificios e instalaciones.

Debido a la gran aceptación que la Universidad ha tenido en el país y en el extranjero, el número de estudiantes fue aumentando semestre tras semestre, lo que obligó a que se abrieran nuevas carreras y con ello la construcción de -- nuevos edificios e instalaciones. Estos nuevos edificios e -- instalaciones se conectaron a la red de energía eléctrica -- original en forma radial.

A la fecha este sistema de distribución tiene más de 20 años de uso, y gran parte de la red se encuentra en mal estado, lo que provoca continuas interrupciones de energía eléctrica en diferentes sectores de la Universidad.

Para resolver en parte este problema, se pensó sustituir los tramos de la red que presentan mayores problemas; pero -- se llegó a la conclusión que no era la mejor solución; debiendo así

- 1) Había que sustituir alrededor del 60% del total de la red.
- 2) El cable XLP o EP de 5 kv para distribución subterránea, ya no es comercial, se tiene que solicitar mediante pedido especial.
- 3) El sistema de distribución en 4.16 kv ha dejado de ser utilizado por la C.F.E.
- 4) Los transformadores con los que cuenta la Universidad, de relación: 23 kv/4.16 kv y 4.16 kv/220 v/120 v, no son ya comerciales.

Por todo lo anterior, y una vez realizados los estudios técnicos-económicos, para darle una solución adecuada a este problema, se llegó a la conclusión siguiente:

- 1) Terminar la construcción de la subestación de 69 kv, -- propiedad de la Universidad, para aprovechar el servicio de este voltaje de sub-transmisión por parte de CFE en el cual se tienen pocas fallas.
- 2) Construir una nueva red mixta en forma radial de 23 kv.
- 3) De esta nueva red, alimentar las subestaciones de los actuales edificios e instalaciones. Dejando además, fogosa de alimentar futuras demandas a largo plazo.

INTRODUCCION

Cuando mayor sea una instalación, muy importante es el sistema eléctrico de distribución. Debe ser capaz de cubrir las necesidades de todo el equipo eléctrico en utilización. Si no está disponible la energía eléctrica cuando y donde se necesita, la inversión y el inventario de la planta queda ociosa.

El sistema eléctrico de distribución depende del valor asignado a la confiabilidad y a la flexibilidad.

Por ejemplo, si la necesidad de la electricidad es para manufacturar un producto cuyo diseño se cambia con frecuencia, es mejor un sistema flexible que pueda cambiarse o modificarse fácilmente. Cuando es esencial la continuidad del servicio, como en ciertos casos en donde la interrupción en la energía eléctrica produce trastornos en las actividades de trabajo, es indispensable un sistema confiable.

La confiabilidad y la flexibilidad son dos factores importantes en cualquier sistema eléctrico. Hay otros más, uno de los cuales es el costo de operación y mantenimiento durante su ciclo de vida.

Para el Campus Ciudad Universitaria de la Universidad -

de Guadalajara, se requiere que el suministro de energía - - eléctrica sea en forma continua, por lo que se necesita un - sistema eléctrico de distribución extremadamente confiable.

El propósito de esta tesis, es el proyecto y la cons-- trucción de este nuevo sistema de distribución, así como el programa de mantenimiento preventivo; para que de ser posi-- ble, no se presente mantenimiento correctivo al sistema.

CAPITULO I
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS
DE ENERGIA ELECTRICA

1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El desarrollo de los sistemas eléctricos de potencia ha tenido un gran auge en la actualidad, debido a que representan un elemento de primordial importancia en el desarrollo del país.

En un sistema eléctrico de potencia se requiere mantener el suministro de energía eléctrica en forma continua, -- desde la generación hasta los diferentes niveles de transformación y de consumo, así con bajas pérdidas. Esto significa que debe tener un mínimo de interrupciones y que debe suministrar la cantidad que los distintos usuarios requieren con la mejor calidad posible.

Es importante primeramente hablar de lo que es un sistema eléctrico de potencia.

Se puede decir que un sistema eléctrico de potencia se encuentra formado por varios elementos que se interconectan entre sí, de tal forma que permiten conseguir un objetivo deseado.

Los elementos principales que componen el sistema eléctrico de potencia son:

- 1) Plantas generadoras
- 2) Subestaciones elevadoras
- 3) Sistemas de transmisión
- 4) Subestaciones reductoras
- 5) Sistemas de distribución
- 6) Cargas

Plantas generadoras.- Para producir la energía eléctrica consumida por las cargas.

Esta energía eléctrica procede principalmente de alguna de estas fuentes:

- a) Combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural, -- etc.)
- b) Combustibles vegetales (madera, desperdicios de granjas, etc.)
- c) Energía natural (hidráulica, solar, viento)
- d) Energía nuclear (fisión, fusión)

Subestaciones elevadoras.- Para elevar la tensión de salida de los generadores y realizar la transmisión de energía eléctrica en forma económica.

Sistema de transmisión.- Para transportar esa energía - de las plantas generadoras a los puntos de consumo.

Subestaciones reductoras.- Para reducir la tensión en la proximidad de los centros de consumo y alimentar el sistema de distribución a una tensión adecuada.

Sistema de distribución.- Para alimentar a los consumidores servidos por el sistema.

Realmente estos sistemas son de gran complejidad y cubren amplias zonas geográficas, pero en su forma más elemental pueden ser representados por un diagrama de bloques como se ilustra en la figura 1.1.

1.2 CALIDAD DEL SERVICIO

El suministro de energía eléctrica debe realizarse con una calidad adecuada, de manera que todos los aparatos que trabajan con energía eléctrica funcionen correctamente.

Los elementos primordiales que determinan la calidad del servicio son:

- 1) La continuidad en el servicio
- 2) La regulación de voltaje
- 3) El control de la frecuencia



Representación Esquemática de un Sistema de Energía Eléctrica

Fig. 1.1

Continuidad del servicio.- La energía eléctrica ha adquirido tal importancia en la vida moderna, que una interrupción de suministro causa transtornos y pérdidas económicas - insuperables. En particular existen áreas de consumo en donde la continuidad del servicio es indispensable, tal es el caso de los centros hospitalarios, servicios públicos de transporte de tipo eléctrico, zonas industriales, etc.

Para asegurar la continuidad del servicio deben tomarse disposiciones necesarias para hacer frente a una falla en algún elemento del sistema. A continuación se mencionan las principales disposiciones para satisfacer esta condición:

- a) Disponer de una protección automática adecuada que opere en forma rápida y permita eliminar con rapidez cualquier elemento que sufra una falla o avería.
- b) Disponer de circuitos de alimentación de emergencia para hacer frente a una falla en la alimentación normal.
- c) Contar con medios de restablecimiento de servicio en forma rápida reduciendo el mínimo los tiempos de interrupción, cuando éstas no han podido ser evitadas.
- d) Escoger un buen arreglo de redes (topología) de manera que la falla y desconexión de un elemento tenga la me-

por repercusión posible sobre el resto del sistema.

- a) Disponer en el sistema de suficiente reserva de generación para poder hacer frente a posibles salidas de servicio por indisponibilidad en la generación.

Aunque el propósito de esta tesis, no es entrar en el análisis detallado de todos los puntos anteriores, sí es conveniente mencionar la influencia de la topología del sistema y del arreglo de conexiones adoptado para las subestaciones, sobre la continuidad de servicio.

Por lo que hace a la topología se puede clasificar en -- tres tipos:

- 1) Radial
- 2) Anillo
- 3) Red

En un sistema radial las cargas tienen una sola alimentación, de manera que una avería en la alimentación produce una interrupción del suministro.

En un sistema en anillo se tiene una doble alimentación y puede interrumpirse una de ellas sin causar interrupción -- del suministro.

Con una red se aumenta el número de interconexiones y - la seguridad del servicio.

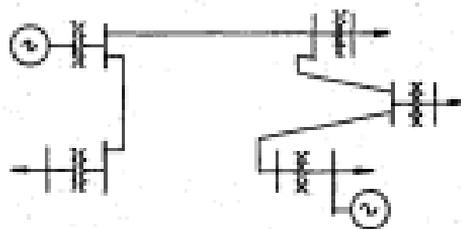
La figura 1.2 muestra estos tres tipos de topología.

Regulación del voltaje.- Cualquier aparato que funcione con energía eléctrica está diseñado para operar a un voltaje determinado y su funcionamiento es correcto siempre que el - voltaje no varía en forma considerable (hacia arriba y hacia abajo), por lo que se fijan límites de variación, conociendo se estos límites en el caso del voltaje como la regulación - de voltaje, que es una cantidad que se expresa en porcentaje con respecto al voltaje nominal.

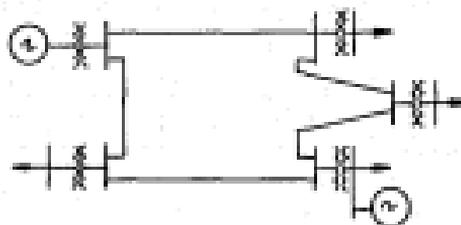
Se considera que una variación en el voltaje de $\pm 5\%$ - puede ser satisfactoria y una variación de voltaje de $\pm 10\%$ es tolerable.

Para dar una mejor idea de la importancia que tiene la - regulación en las redes de distribución y en las propias ing - talaciones eléctricas de los usuarios se mencionan algunos - efectos que se producen por variaciones de voltaje.

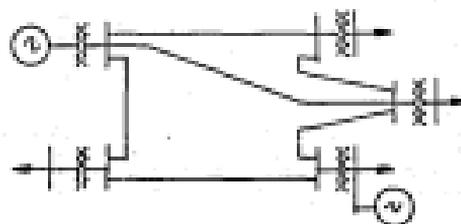
Lámparas incandescentes: un voltaje menor que el nomi- - nal disminuye el flujo luminoso. Un voltaje mayor que el nominal reduce la vida de la lámpara.



a) Sistema Radial



b) Sistema en anillo



c) Red

Fig. 1.2 Distintos Arreglos Topológicos de un Sistema.

Lámparas fluorescentes: En estas lámparas la variación del flujo luminoso es menor que en los incandescentes, pero una reducción en el voltaje afecta el arranque hasta un valor tal que la lámpara no enciende; en caso que el voltaje sea alto la balastro sufre calentamiento excesivo acortando la vida de la lámpara.

Aparatos de calefacción eléctrica: Un voltaje inferior al nominal disminuye el calor producido; un voltaje alto - acorta la vida del aparato.

Equipo electrónico en general: Todo el equipo electrónico de tipo comercial está diseñado para operar con una tolerancia del $\pm 5\%$ en el voltaje; si opera con un voltaje superior reduce su vida útil en forma considerable, un voltaje menor al del diseño puede producir fallas en los aparatos.

Motores eléctricos: En un motor eléctrico del tipo inducción que son los más comunes, una alimentación baja en el voltaje reduce el par de arranque y ya en operación la corriente de carga aumenta al disminuir el voltaje con lo que se produce un calentamiento que en algunas ocasiones resulta excesivo y se reduce así su tiempo de vida. Una alimentación alta en el voltaje provoca un aumento en el par de arranque, en la corriente de arranque y en la capacidad de sobrecarga; y también produce una disminución en el factor de potencia a

plena carga, en la corriente de plena carga. En general los motores de inducción están diseñados para trabajar satisfactoriamente con una variación de $\pm 10\%$ del voltaje nominal.

De lo anterior, expuesto en forma general se puede concluir la importancia que tiene la regulación del voltaje en los sistemas eléctricos y en particular en las redes de distribución.

Control de frecuencia.- La frecuencia es una cantidad que se controla en las plantas generadoras de los sistemas eléctricos y por lo general se especifica con una cierta tolerancia arriba y abajo de la frecuencia nominal (60Hz) no existiendo normas internacionales que indiquen cuáles son los límites de variación superior e inferior en la frecuencia, pero se recomienda que esos límites no excedan del 1% de la frecuencia nominal, dependiendo esto de las características de los aparatos de utilización y del funcionamiento del sistema mismo.

1.3 CARACTERISTICAS DE LA CARGA

La carga global de un sistema de energía eléctrica está constituida por un gran número de cargas individuales de diferentes clases: industrial, comercial y residencial; pero en general una carga absorbe potencia real (lámparas incandescentes, fluorescentes, aparatos de calefacción eléctrica) y potencia reactiva (motores eléctricos).

La potencia suministrada en cada instante por un sistema es la suma de la potencia absorbida por las cargas más las pérdidas en el sistema. Aunque la conexión y desconexión de las cargas individuales es en forma aleatoria, la potencia total varía con el tiempo siguiendo una curva que puede establecerse con bastante aproximación y que depende del ritmo de las actividades humanas en la región servida por el sistema.

CAPITULO II

SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Primero debemos definir un sistema de distribución antes de tratar todo tipo de clases y clasificaciones del mismo.

Podríamos decir, que un sistema de distribución de energía eléctrica, es la combinación coordinada de diferentes dispositivos eléctricos, los cuales transmiten la energía eléctrica aprovechable desde el punto de vista de suministro, hasta el equipo de utilización.

2.2 FUNCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Los sistemas de distribución tienen como función suministrar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras y transmitida por el sistema de transmisión hasta las subestaciones de distribución.

Un sistema de distribución comprende: los alimentadores primarios que parten de las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir la tensión al valor de utilización por los clientes y los circuitos secundarios hasta la entrada de la instalación del consumidor.

Los alimentadores primarios son trifásicos de 3 ó 4 hilos; las derivaciones de la alimentación troncal pueden ser trifásicas o monofásicas. Las tensiones entre hilos varían según el sistema de distribución. En México las tensiones de distribución primaria son: 13.2 kv, 23 kv y 34.5 kv.

Los circuitos secundarios son generalmente trifásicos, de 4 hilos de 115 a 127 volts entre fase y neutro (200 a 220 volts entre fases) o de 220 a 240 volts entre fase y neutro (380 a 415 volts entre fases).

En términos generales, para el buen diseño de una red de distribución se debe cumplir con lo siguiente:

- a) Mantener la tensión de suministro a los consumidores -- dentro de los límites del reglamento vigente (variaciones de + 5%).
- b) Máxima seguridad en el suministro, estableciendo un -- equilibrio técnico y económico, hasta el establecimiento de tarifas por consumo.
- c) Proveer en las instalaciones demandas futuras.

El tratamiento que se puede dar a los sistemas de distribución para su estudio puede tener enfoques distintos, ya

que el tema es muy amplio, por este motivo en este capítulo tratadé de abarcar en forma superficial los aspectos más sobresalientes de estos sistemas.

2.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Los sistemas de distribución, según su construcción tienen dos tipos de instalación.

- 1) Aéreas
- 2) Subterráneas

Instalaciones aéreas.- Las instalaciones aéreas comparadas con las subterráneas tienen costos iniciales bajos. Son susceptibles a fallas que pueden provocar un gran número de interrupciones en el servicio, esto se debe a que están expuestas a: descargas atmosféricas, lluvia, granizo, viento, polvo, temblores, gases contaminantes, ramas de árboles, vandalismo y choques de vehículos.

Los elementos que componen una red aérea los podemos clasificar en: mecánicos y eléctricos.

- a) Componentes mecánicos de una red eléctrica, postes que pueden ser de concreto octagonal, concreto pretensado o

madres; estructuras, crucetas, retenidas, bastidores, - arandelas, alfileras, abrazaderas, anclas, guardaflecos.

- b) Componentes eléctricos de una red aérea; transformadores monofásicos o trifásicos de diferentes capacidades, apartarrazos, corta circuitos, fusibles, conductores.

Instalaciones Subterráneas. Las instalaciones subterráneas son mucho más confiables debido a que las contingencias mencionadas anteriormente no afectan a este tipo de red, lo que las hace más seguras y más estéticas para zonas urbanas, pero su costo es más alto y es más difícil encontrar una falla.

Los elementos que componen una red subterránea los podemos clasificar en: mecánicas y eléctricas.

- a) Componentes mecánicas de una red subterránea; ductos de agbesto-cemento, registros, pozos de visita, bóvedas para -- transformadores.

- b) Componentes eléctricos de una red subterránea; transformadores monofásicos o trifásicos tipo bóveda o pedestal, segcionadores, equipo de protección (fusibles, limitadores de corriente e interruptores termomagnéticos) y conductores.

2.4 APLICACIONES DE LAS REDES DE DISTRIBUCION

Por su aplicación las redes de distribución pueden ser para:

- a) Fuerza motriz
- b) Alumbrado residencial y comercial
- c) Alumbrado público
- d) Servicio de tracción

Las características de estas redes según su aplicación son:

- a) Fuerza motriz.- La característica principal que debe tener una red para fuerza motriz es la continuidad de servicio, por lo que debe cumplir con un buen diseño y un sistema de conexión adecuada como el tipo anillo.
- b) Alumbrado residencial y comercial; en este concepto se incluyen todos los consumidores de casas habitación y centros comerciales, la característica es que la variación de tensión son pequeñas 3% de regulación, por lo general.
- c) Alumbrado público; este tipo de servicio cubre los centros urbanos y poblaciones relacionadas con alumbrado -

de calles, avenidas, parques, casinos y centros de reunión exteriores, este sistema de alumbrado está conectado en serie y puede ser con lámparas de vapor de sodio, mercurial, incandescente o fluorescente, dependiendo -- del área a iluminar.

- d) Servicio de tracción: este servicio se hace en forma in dependiente ya que hace uso normalmente de corriente di recta rectificándose la corriente alterna de suministro en las subestaciones de las empresas que proporcionan - el servicio de tracción, teniendo como característica - principal, su carga variable.

2.5 ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

En el caso de la distribución aérea se pueden mencionar las siguientes topologías:

- a) Red en conexión radial. En este tipo de esquema (ver figura 2.1) un alimentador primario suministra energía a varias subestaciones y cada transformador de estas subestaciones a su respectiva carga, sin que exista conexión entre subestaciones. Con esta conexión, en caso de alguna falla en el secundario del transformador o en el propio transformador se aísla la carga alimentada por -

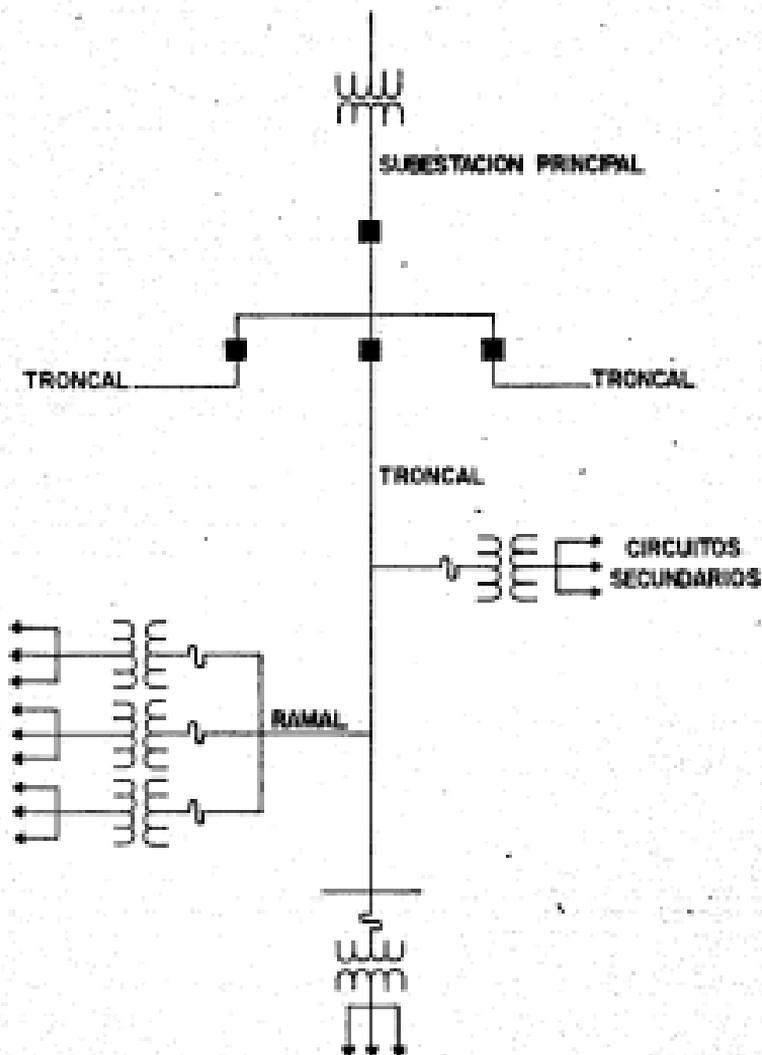
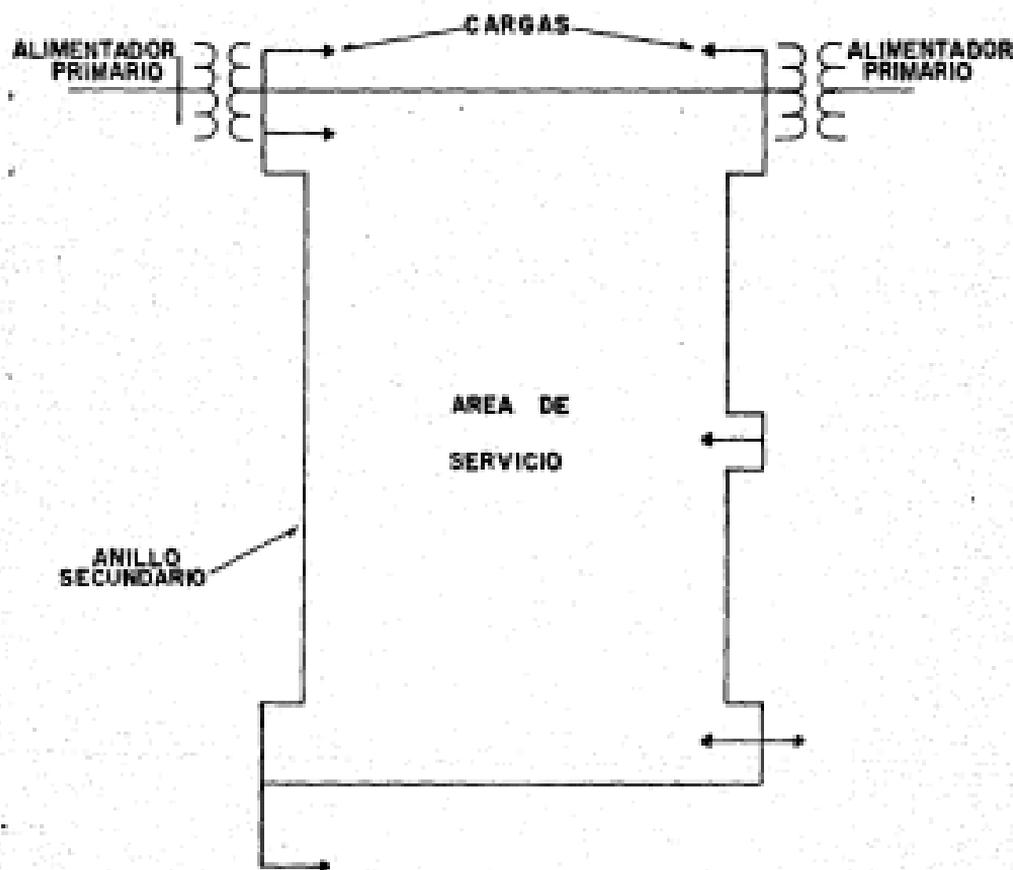


Figura 2.1

Red en conexión radial

esa subestación sin afectar al resto, para ello se requiere de una adecuada coordinación de protecciones.

- b) Red en conexión en anillo.- En este tipo de esquema (ver figura 2.2) se usa en zonas de densidad de carga elevada, ya que se puede mejorar la continuidad del servicio y la regulación de voltaje interconectando uno o más -- alimentadores primarios para suministrar energía a los transformadores de las subestaciones. El secundario de los transformadores se conectan mediante líneas principales, de tal forma que todos los transformadores abogben la demanda de energía.
- c) Red en conexión de malla (distribución por redes). En este esquema de conexión se establece lo que se conoce como líneas maestras en el primario y secundario, normalmente los alimentadores primarios no están interconectados, pero las líneas maestras secundarias se conectan formando una malla. Con esta conexión en caso de -- que falle un alimentador primario o un transformador, -- se suministra energía a los usuarios por la parte no -- afectada en la red ya que cada transformador de la subestación se conecta a la malla secundaria a través de dispositivos de protección. Ver la figura 2.3.



RED EN CONEXION EN ANILLO
FIGURA 2-2

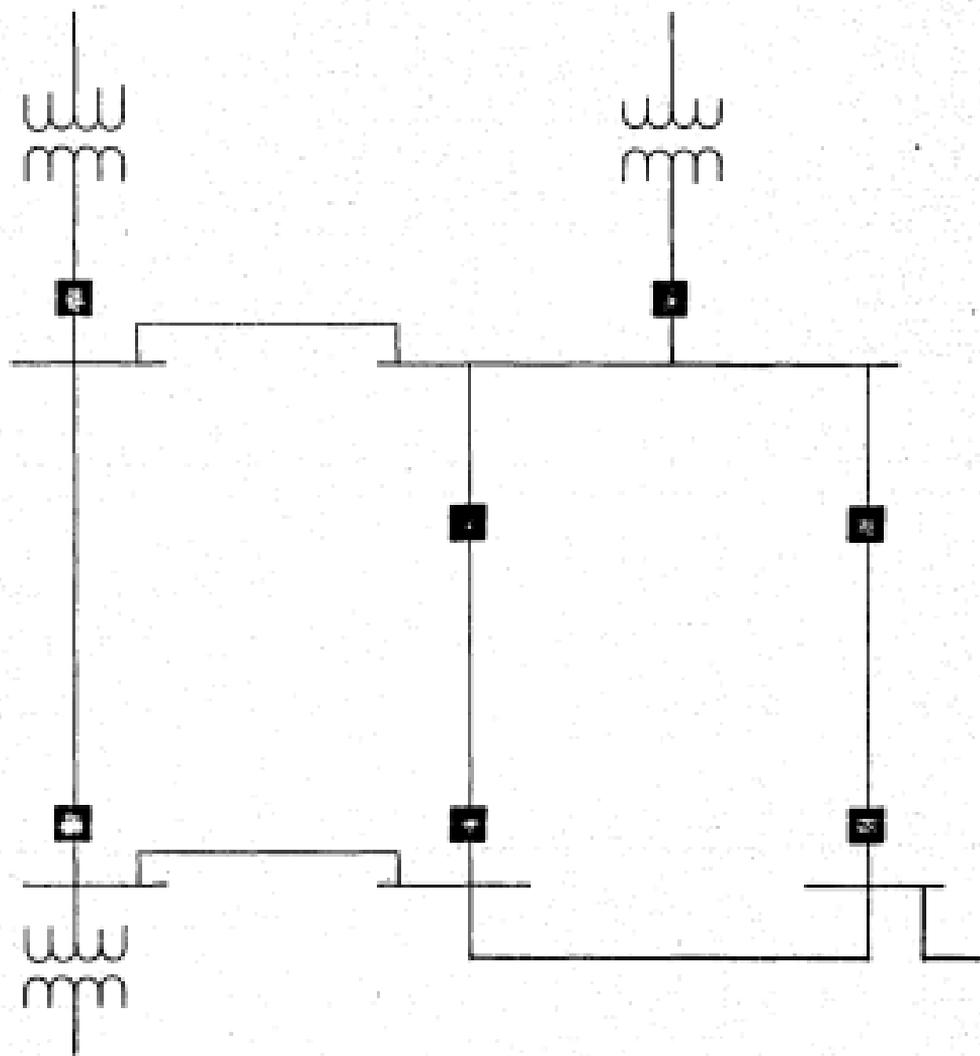


Fig. 23 Red en conexión de malla

Para los sistemas de distribución subterránea la estructura adecuada a desarrollar depende no sólo de su operación, sino también de su costo y confiabilidad a través de la vida útil de la red.

En cuanto a su operación existen sólo dos tipos de redes de distribución subterránea:

- a) Radial: en la operación de este sistema, el flujo de energía eléctrica tiene una sola trayectoria, de la fuente a la carga; de tal manera, que una falla en cualquier componente de la red provoca una interrupción en todos los servicios.
- b) Paralelo: el flujo de energía eléctrica que alimenta a los consumidores cuenta con más de una trayectoria. Este tipo de red es utilizada en nuestro país para baja tensión, debido a la complejidad en su operación y alto costo.

Para estructuras subterráneas de mediana tensión se tienen los siguientes arreglos:

- a) Radial simple: la carga se alimenta en forma radial desde la subestación. La ventaja que se tiene es la simplicidad de operación y economía. Su desventaja, es que en

caso de una falla de la troncal, se produce una interrupción de energía eléctrica. Ver la figura 2.4

- b) Radial de operación múltiple; este tipo de estructura mejora la desventaja del sistema radial simple y minimiza el tiempo de interrupción para los consumidores. Consiste en interconectar troncales que vienen de otras subestaciones, buscando la posibilidad de otra conexión, en caso de falla. Ver la figura 2.5.
- c) Anillo; esta estructura se construye a base de circuitos de igual sección derivados de una o varias fuentes de alimentación. La operación debe ser en forma de anillo abierto, es decir, el circuito no debe estar cerrado en operación normal. Ver la figura 2.6.
- d) Primario en doble alimentación; la operación se hace a base de una alimentación preferente y emergente con transferencias manuales o automáticas. Al salir un alimentador, todos los servicios conectados en forma preferente son pasados al otro alimentador o emergente. La aplicación de este tipo de estructuras se lleva a cabo en zonas industriales, turísticas, comerciales, que tienen una área de expansión alargada. Ver la figura 2.7.

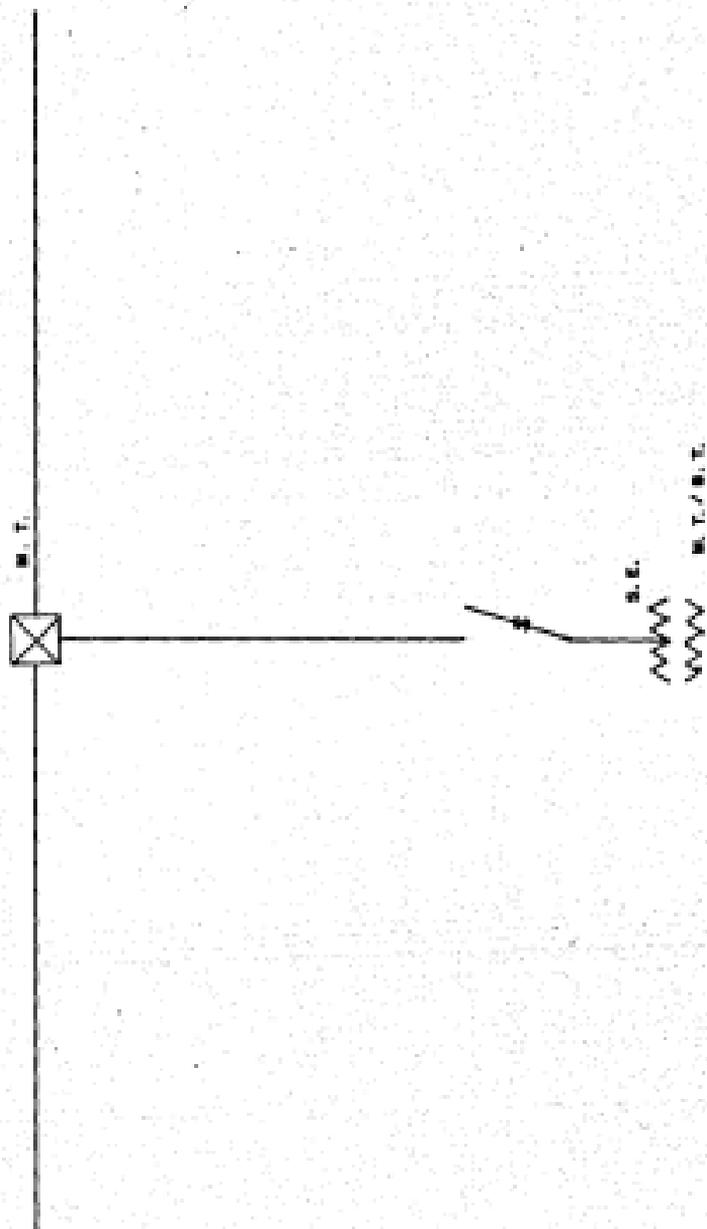


Fig. 2.4 Radial simple

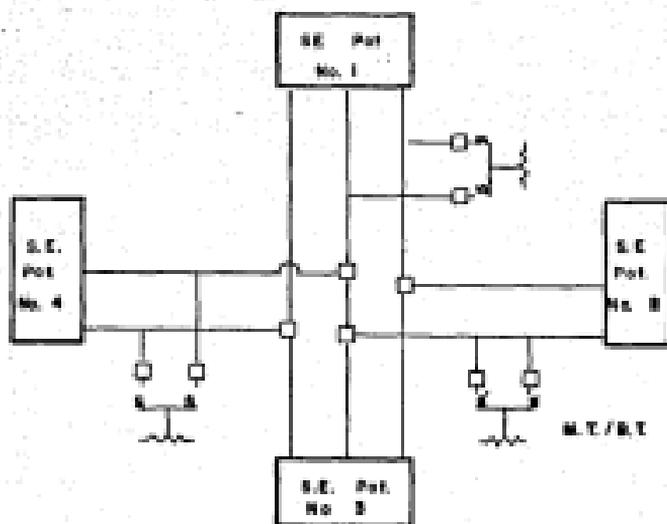


Fig. 2.5 Radial de opción múltiple

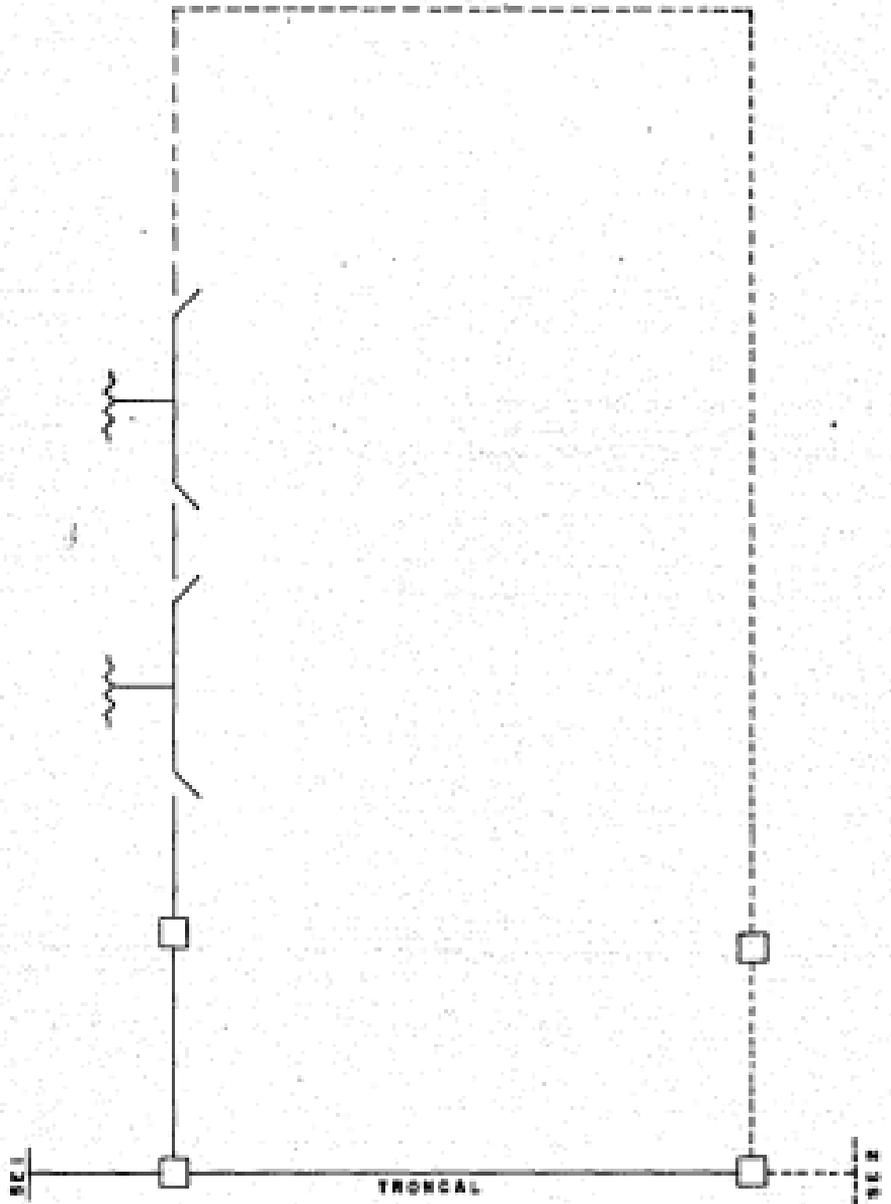


Fig. 2.6 Anillo

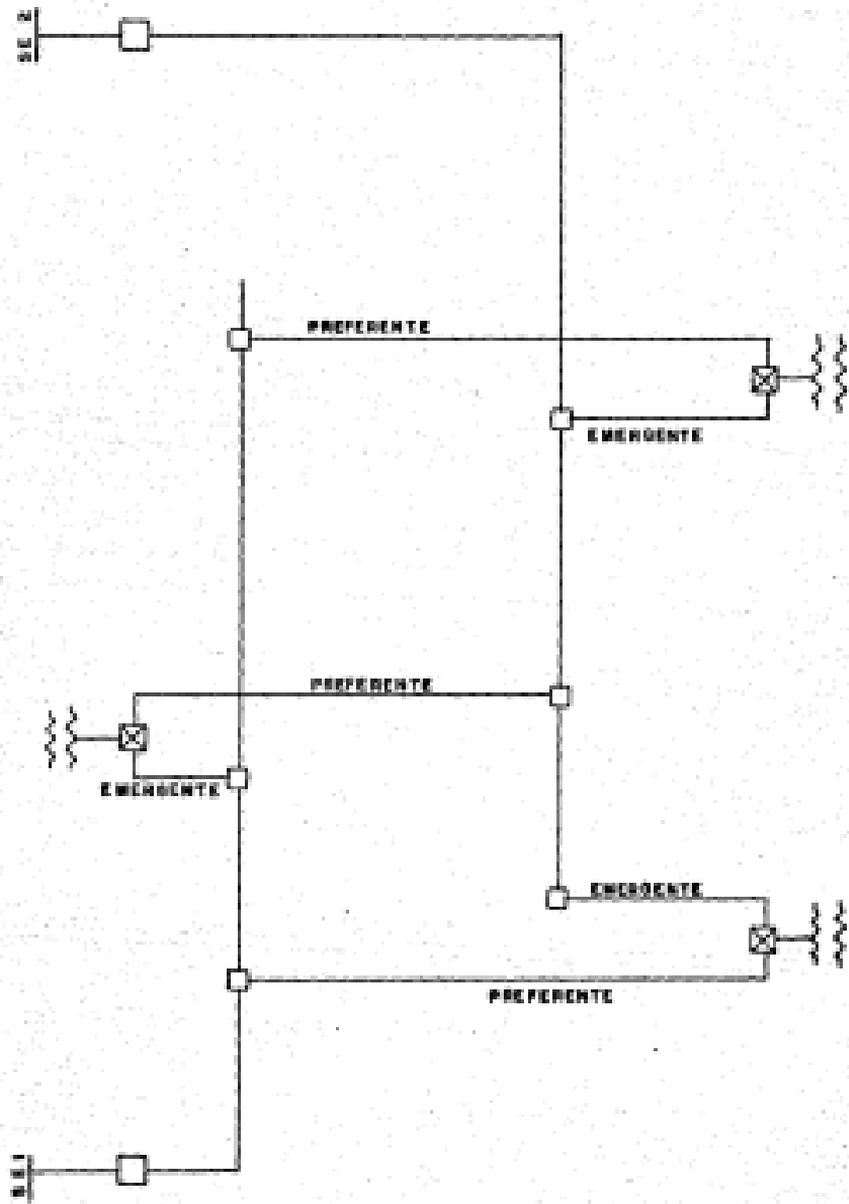


Fig. 2.7 Doble Alimentación

- e) Alimentadores selectivos; es aplicable en zonas de rápido crecimiento, cuya expansión o área servida en zonas de edificios altos y por lo tanto grandes concentraciones de carga. La red se constituye por cables troncales de la misma sección que salen de subestaciones primarias diferentes; de estas troncales se derivan subtroncales que las enlazan, siguiendo en principio de doble-alimentación, y emergen transformadores que se instalan en los mismos puntos de carga. Ver la figura 2.8.

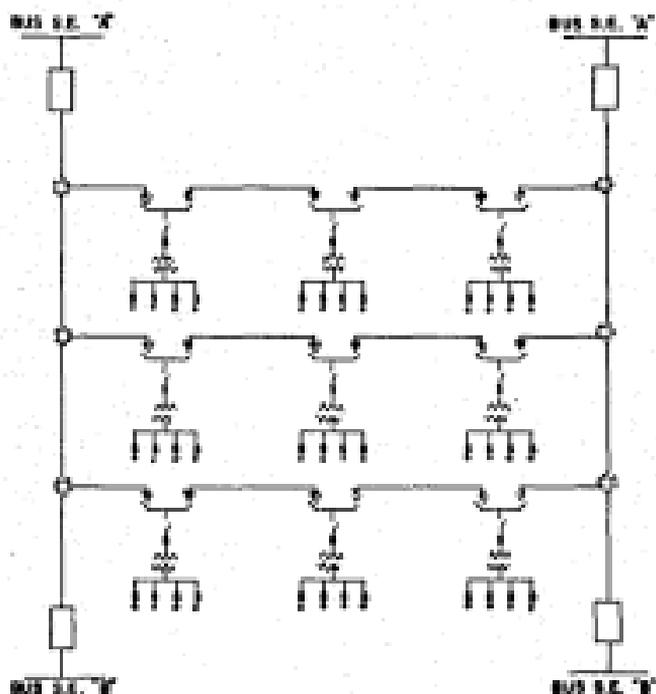


Fig. 2.6 Alimentadores Selectivos

CAPITULO III

ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO DEL PROYECTO

Las redes de distribución no pueden variarse arbitrariamente en cuanto a proyecto y construcción, por tener que ligar ciertos requisitos normalizados por C.F.E.

Existen básicamente tres tipos de redes de distribución eléctrica:

- 1) Redes aéreas
- 2) Redes mixtas
- 3) Redes totalmente subterráneas

Resultando la primera de menor y la última de mayor costo.

Para la Universidad Autónoma de Guadalajara, la red de distribución a proyectar será de tipo mixta. Ya que se construirá primeramente una red aérea en todo el perímetro de la Universidad, posteriormente se harán las transiciones de los postes a las subestaciones de los diferentes edificios e instalaciones, formando una red radial.

Para el desarrollo de este capítulo, procederemos primeramente a realizar el análisis técnico de la red aérea y subterránea y posteriormente el análisis económico de todo el proyecto.

3.1 ANALISIS TECNICO DEL PROYECTO

Cubriremos los siguientes puntos:

- 1) Voltaje de operación
- 2) Aislamiento
- 3) Selección del conductor y cálculo de la regulación de voltaje.
- 4) Protecciones

Estos puntos serán tratados tanto para la red aérea como para la red subterránea.

Red Aérea

- 1) Voltaje de operación

La selección del voltaje en líneas de conducción de energía eléctrica, está sujeto a muchos factores de acuerdo a cada caso en particular. El costo de los conductores disminuye con el voltaje, en cambio el costo de los aisladores y de otros materiales, incluyendo transformadores aumenta con el mismo. Evidentemente, habrá un voltaje, en que el costo total será mínimo, al que se llama voltaje económico.

Para ello deben tomarse en cuenta los valores de voltaje

je adoptados para el sistema al cual se va a interconectar.

En general, los valores de voltaje a elegir son muy limitados en número, ya que se han unificado los voltajes a emplear de acuerdo con las normas de operación de C.F.E.

Debido a que la División Jalisco de la C.F.E. ha adoptado como voltaje de operación de sus alimentadores urbanos el de 23 kv, lo supondremos el más económico, para estudiar las condiciones del proyecto.

2) Aislamiento

Se entenderá como aislador a un soporte no conductor para un conductor eléctrico.

De acuerdo al material de fabricación los aisladores pueden ser de:

- a) Porcelana vidriada
- b) Vidrio templado
- c) Sintéticos

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

- a) Normal
- b) Para ambiente contaminante

Por su construcción los aisladores pueden ser:

- a) Tipo alfiler
- b) Tipo suspensión

a) Aislador tipo alfiler: como su nombre lo indica estos aisladores se encuentran sujetos por medio de un perno o alfiler a la cruzeta en el poste o a la estructura. Ver la figura 3.1.a.

Este tipo de aislador se construye para tensiones hasta de 33 KV por unidad, pero la tendencia es limitar su uso para tensiones menores de 50 KV dado que para tensiones mayores resulta antieconómico su uso, ya que el costo se incrementa a medida que la tensión aumenta.

b) Aisladores tipo suspensión: como su nombre lo indica el conductor se suspende debajo del soporte por medio del -- aislador o aisladores.

Este aislador se diseña para una tensión de trabajo baja, entonces el voltaje total requerido se obtiene usando -- una cadena con un número deseable de aisladores. Ver la figura 3.1.b.

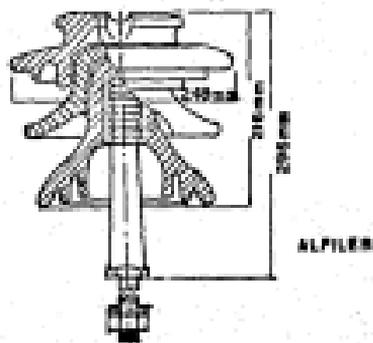
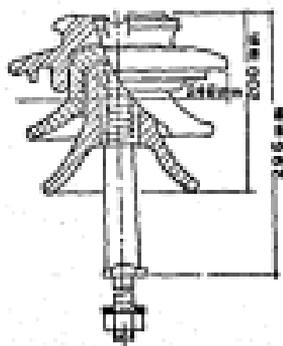


Fig. 3.1a Aislador Tipo Alfiler

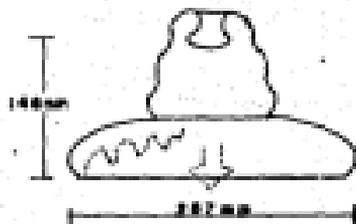
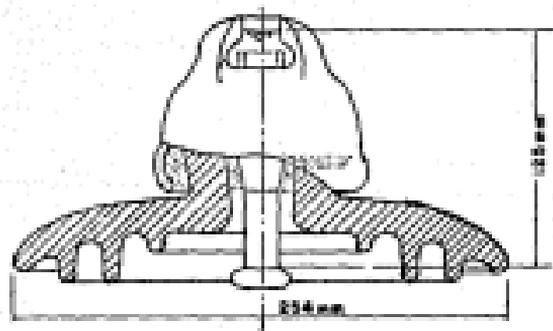


Fig. 3.1b Aislador Tipo Suspension

Los fabricantes de aisladores recomiendan los tipos más convenientes para un determinado voltaje de trabajo, indicando para cada uno de ellos, la tensión de descarga y con lluvia, si bien, no es posible establecer una regla que permita asegurar qué cierto tamaño de aislador corresponde a un voltaje determinado. Esto se debe a que las condiciones de trabajo dependen de varios factores como la altura de la línea sobre el nivel del mar, depósitos salinos en la superficie del aislador, frecuencia de lluvias, condiciones climatológicas del lugar, etc. Por esta razón, los datos suministrados por los fabricantes, se refieren a las condiciones de trabajo.

En nuestro caso, se usarán aisladores tipo alfiler para postes normales y aisladores de suspensión pero del tipo sintético (ASUS).

Los aisladores del tipo sintético están basados en un núcleo mecánicamente resistente de fibra de vidrio, con resinas epóxicas y recubrimientos de un polímero denominado recubrimiento ambiental y que ofrece las siguientes ventajas:

- Relación esfuerzo mecánico-peso muy mejorada con respecto al tipo convencional de vidrio o porcelana lo que los hace adaptables a las líneas de extra alta tensión.

- Resistencia mecánica de trabajo en aisladores tipo -- suspendido de hasta tres veces comparado con el tipo convencional.

- Resistencia a la fractura del mismo orden que los de vidrio o porcelana.

- Excelente resistencia a los factores climatológicos.

- Superior a los aisladores de porcelana o vidrio a las descargas de impulso.

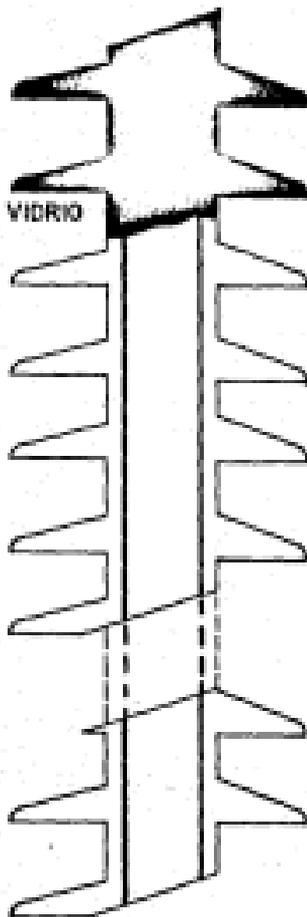
- No es afectada por la perforación eléctrica.

- Altamente resistentes al vandalismo.

- El tipo alfiler es fácilmente adaptable a distintos tipos de montaje. Ver la figura 3.2.

CUBIERTA DE
INTEMPERISMO

MIEMBRO RESISTENTE
DE EPOXY-FIBRA DE
VIDRIO



CORTE DE UN AISLADOR SINTETICO
FIGURA 3.2

3) SELECCION DEL CONDUCTOR Y CALCULO DE LA REGULACION DE VOLTAGE.

Cuando un cable va a ser seleccionado, se deberá tener en cuenta las condiciones de instalación a las que va a estar sujeto, ya que los cables van a diferir en sus propiedades eléctricas y mecánicas, en su configuración, en el método de ensamble y en su resistencia a la corrosión según lo establezca la zona en que se localizará la línea; a fin de utilizar el material más adecuado.

En redes de distribución, el empleo de conductores de aluminio no reporta ventajas sobre el uso de conductores de cobre. Pero se recomienda que los cables de aluminio no se empleen en zonas de contaminación fuerte, ni en lugares próximos al mar, ya que los efectos de la corrosión electroquímica los destruyen rápidamente. En cambio los conductores de cobre sí pueden emplearse para este tipo de zonas.

En nuestro caso se utilizará conductores de aluminio -- con alma de acero (ACSR) calibre 1/0 AWG, por estar éste regulizado por C.F.E. para redes de distribución de 11 KV.

Verificación del calibre por regulación de voltaje.

De la tabla 3.1 (datos proporcionados por el fabricante) para conductores ACSR, calibre 1/0 AWG, tenemos que la resig

Calibres Resistencia

Designación	Calibres		Resistencia		Resistencia CA	
	AWG	KCM	DC		CA	
			Ohm/km		Ohm/km	
			20°C	25°C	50°C	70°C
Turkey	6		2.114	2.150	2.449	2.485
Swan	4		1.328	1.354	1.565	1.717
Swallow	3		1.076	1.108	1.281	1.485
Sparrow	2		0.834	0.853	1.012	1.108
Robin	1		0.662	0.677	0.811	0.891
Raven	1/0		0.524	0.537	0.654	0.717
Quail	2/0		0.416	0.426	0.530	0.580
Pigeon	3/0		0.330	0.339	0.429	0.470
Penguin	4/0		0.262	0.270	0.354	0.383
Partridge	226.8		0.210	0.215	0.236	0.257
Linnet	336.4		0.166	0.170	0.187	0.204
Oriole	336.4		0.165	0.169	0.186	0.202
Ibis	397.5		0.141	0.144	0.159	0.173
Lark	397.5		0.140	0.143	0.157	0.172
Hawk	477		0.117	0.120	0.132	0.144
Hen	477		0.116	0.119	0.131	0.143
Heron	500		0.109	0.112	0.123	0.135
Dove	556.5		0.100	0.103	0.113	0.124
Eagle	556.5		0.100	0.103	0.113	0.123
Duck	605		0.095	0.097	0.106	0.116
Groovebeak	636		0.088	0.090	0.099	0.108
Starling	715.5		0.079	0.080	0.088	0.096
Crow	715.5		0.079	0.080	0.088	0.095
Drake	795		0.071	0.073	0.080	0.087
Condor	795		0.070	0.073	0.080	0.087
Canary	900		0.062	0.065	0.071	0.077
Rail	954		0.059	0.062	0.068	0.074
Bleedjay	1113		0.051	0.054	0.058	0.064

TABLA No. 3.1

tancia eléctrica a 50°C es:

$$r = 0.654 \text{ ohms/Km}$$

para la longitud total de la línea que es de 1.2 Km., tenemos que el nuevo valor de la resistencia está dado por:

$$R = 0.654 \text{ ohms/Km} \times 1.2 \text{ Km} = 0.7848 \text{ ohms}$$

La reactancia inductiva de la línea se obtiene de la siguiente expresión:

$$X_L = 2 \pi f L$$

valor que obtenemos de la tabla 3.2 (datos proporcionados -- por el fabricante)

$$X_L = 0.408 \text{ ohms/Km}$$

para la longitud total de la línea que es de 1.2 Km, X_L será igual a:

$$X_L = 0.408 \text{ ohms/Km} \times 1.2 \text{ Km} = 0.4896 \text{ ohms}$$

por lo que la impedancia será igual a:

$$Z = 0.7848 + 0.4896j$$

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE CONDUCTORES ACER.

Calibre	Número de Hilos		RMS cm.	Reactancia Inductiva (X _L) a 30.48 cm. de espaciamento ohm/km
	Al	Ac		
6	6	1	0.120	0.418
4	6	1	0.133	0.410
3	6	1	0.131	0.411
2	6	1	0.137	0.413
1	6	1	0.127	0.413
1/0	6	1	0.138	0.408
2/0	6	1	0.155	0.398
3/0	6	1	0.183	0.386
4/0	6	1	0.248	0.361
266.8	26	7	0.661	0.289
316.4	26	7	0.744	0.280
316.4	30	7	0.777	0.277
397.5	26	7	0.808	0.274
397.5	30	7	0.847	0.270
477	26	7	0.884	0.267
477	30	7	0.927	0.264
500	30	7	0.948	0.262
556.5	26	7	0.954	0.261
556.5	30	7	1.000	0.258
605	54	7	0.78	0.259
638	26	7	1.021	0.256
715.5	26	7	1.082	0.252
715.5	54	7	1.064	0.253
795	26	7	1.143	0.248
795	43	7	1.122	0.245
900	54	7	1.192	0.244
954	45	7	1.187	0.245
1113	45	7	1.396	0.238

Tabla 3.3

Para calcular la corriente procederemos de la siguiente forma, utilizando la expresión:

$$I = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}}$$

o bien, la corriente total la obtenemos del cuadro de carga, así como también el total de KVA:

$$I = 103.52 \text{ A}$$

$$\text{KVA} = 4,125$$

Para el cálculo de la caída de tensión utilizamos la expresión

$$V = I (R \cos \theta + X_L \sin \theta)$$

considerando un factor de potencia de 0.8, tenemos que la caída de tensión es igual a:

$$V = 35.39 \text{ V}$$

Para el cálculo del % de regulación, utilizamos la expresión

$$\% \text{ Reg} = \frac{V_P - V_R}{V_R} \times 100$$

en donde:

V_p = tensión al principio de la línea

V_r = tensión en el extremo de recepción o carga

por lo tanto:

$$V_p = V_r + \Delta V$$

$$V_p = \frac{23000}{\sqrt{3}} + 95.39 \text{ V}$$

$$V_p = 13,374.4 \text{ V}$$

por lo que la regulación será:

$$\% \text{ Reg} = \frac{13,374.4 - 13,279}{13,279}$$

$$\% \text{ Reg} = 0.7\%$$

De acuerdo al Reglamento de Instalaciones Eléctricas, -
sección 203.3 que nos dice sobre la caída de tensión:

"La tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea de alumbrado, fuerza, calefacción, etc.), no debe de exceder del 5 por ciento.

Se recomienda que dicha caída de tensión se distribuya razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, de tal manera que en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor de 1 por ciento.

CUADRO DE CARGAS PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS

Ubicaci3n	KVA	Voltaje Primario	Voltaje Secundario	Corriente Primario
Gasolinera	30	23000 V	220/127 V	0.75 A
CIDI	45	23000 V	220/127 V	1.12 A
Psicologfa	75	23000 V	220/127 V	1.88 A
C.C.O.O.	75	23000 V	220/127 V	1.88 A
CUPED Alum.	75	23000 V	220/127 V	1.88 A
Derecho	75	23000 V	220/127 V	1.88 A
Ing. Agrfcola	75	23000 V	220/127 V	1.88 A
Marco de Ingreso	75	23000 V	220/127 V	1.88 A
Alberca	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
Pozo Patria	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
Bombas	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
Gimnasio	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
Canchas Tenls	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
CUPED M.B.	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
FACET	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
Ingenierfa	112.5	23000 V	220/127 V	2.82 A
Humanidades	150	23000 V	220/127 V	3.76 A
T. Enseñanza	150	23000 V	220/127 V	3.76 A
Cafeterfa	225	23000 V	220/127 V	5.64 A
C. Bisco	225	23000 V	220/127 V	5.64 A
ICET	225	23000 V	220/127 V	5.64 A
Rectorfa	225	23000 V	220/127 V	5.64 A
Impulsora	300	23000 V	220/127 V	7.50 A
Estadio	300	23000 V	220/127 V	7.50 A
C. Bisco	300	23000 V	220/127 V	7.50 A
Ocho Columnas	300	23000 V	220/127 V	7.50 A
Rectorfa Nueva	300	23000 V	220/127 V	7.50 A
TOTALES	4,125 KV			101.52 Amperes

Cuadro de cargas para los transformadores monofásicos

Ubicación	KVA	Voltaje Primario	Voltaje Secundario	Corriente Primario
Calle Perimetral	25	23000 V	120/240 V	1.08 A
Calle Perimetral	25	23000 V	120/240 V	1.08 A
En bombeo	25	23000 V	120/240 V	1.08 A
TOTALES	75 KVA			3.24 Amp.

Cuadro de cargas para la línea de distribución

Poste	Fase A	Fase B	Fase C
A	0.75 A	0.75 A	0.75 A
E	1.08 A	1.08 A	1.08 A
1	22.52 A	22.52 A	22.52 A
1	5.64 A	5.64 A	5.64 A
2	2.82 A	2.82 A	2.82 A
3	2.82 A	2.82 A	2.82 A
5	1.12 A	1.12 A	1.12 A
6	7.50 A	7.50 A	7.50 A
9	7.50 A	7.50 A	7.50 A
10	16.90 A	16.90 A	16.90 A
14	1.08 A	1.08 A	1.08 A
15	1.08 A	1.08 A	1.08 A
16	7.52 A	7.52 A	7.52 A
17	6.58 A	6.58 A	6.58 A
21	14.10 A	14.10 A	14.10 A
9-10	1.08 A	1.08 A	-----
16-17	-----	1.08 A	1.08 A
Bombas	1.08 A	-----	1.08 A
TOTALES	103.57 A	103.57 A	103.57 A

4) Protecciones

En el diseño de un sistema eléctrico se deben considerar tres aspectos:

a) Su operación normal; lo que significa que no debe haber interrupciones en el servicio y no deben existir cortocircuitos o circuitos abiertos en el sistema.

b) Prevención de fallas; es decir, se deben diseñar los sistemas para que técnicamente y económicamente se obtenga una solución óptima entre economía y confiabilidad para la prevención de fallas.

c) Reducción de los efectos de las fallas; cuando se presentan éstas a pesar de las prevenciones, en este caso se deben considerar los elementos de protección adecuados para minimizar el número de circuitos que salgan de servicio en caso de falla procurando afectar la menor cantidad de usuarios.

Las redes de distribución por ser la parte de los sistemas eléctricos de potencia la más cercana a los usuarios, puede ser la que produzca el mayor número de interrupciones si no están bien diseñadas y no tienen los elementos de protección necesarios.

La protección de las redes de distribución consiste en - dos aspectos:

- Protección contra sobretensiones
- Protección contra cortocircuito

Sobretensiones en las instalaciones

Las sobretensiones que aparecen en un sistema eléctrico se pueden dividir en:

1) Sobretensiones de origen externo; éstas son de origen atmosférico y comúnmente toman la forma de un impulso unidireccional, la amplitud máxima que se puede presentar no tiene ninguna relación con la tensión de operación del sistema. Estas sobretensiones se pueden deber a las siguientes causas:

- Descargas directas de rayo.
- Tensiones inducidas causadas por una descarga a tierra en un lugar cercano a la línea.
- Tensiones inducidas a lo largo de la línea debido a variaciones atmosféricas.
- Sobretensiones electrostáticas inducidas, causadas por ruidos cargados.
- Sobretensiones electrostáticas inducidas, causadas por el efecto de la fricción de partículas de polvo en la - atmósfera.

2) Sobretensiones de origen interno; éstas se pueden di
vidir en dos clases:

- Sobretensiones internas de alta frecuencia, éstas se da
ben a fenómenos transitorios que aparecen cuando el es-
 tado de la red se cambia por operaciones de maniobra o
 por una condición de falla. La característica de esta -
 tensión es una gran amplitud que puede alcanzar hasta -
 dos veces la tensión del sistema y frecuencia relativa-
 mente alta (20 KHz).
- Sobretensiones internas de baja frecuencia, éstas ocu
rren a la frecuencia nominal del sistema e incluye la -
 tensión en estado permanente que puede resultar, con pg
 quejas variaciones por la desconexión de una carga, se-
 presentan con mucha frecuencia en las líneas largas.

Dispositivos de protección contra sobretensiones en
 las redes de distribución.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones en
 las redes de distribución, se refieren a la protección de --
 las subestaciones y en menor grado al propio alimentador.

Este tema es bastante amplio y no es propósito de esta-
 tesis, por lo que sólo se mencionará algo en forma breve.

Los dispositivos básicos de protección son:

- Hilos de guarda; son de poco uso en redes de distribu-
ción; su función es como elemento de protección de los
alimentadores contra descargas de rayo directas o cerca-
nas a los mismos, para conducirlos a tierra.
- Cuernos de arco; la función de este dispositivo es de-
desviar la onda de línea a tierra, para lo que se re-
quiera que la separación y alineamiento entre ellos sea
muy bien calibrada.
- Apartarrayos; es el dispositivo contra sobretensiones -
más usado en redes de distribución y también el elemen-
to principal para la coordinación de aislamiento en ba-
se a que: 1) operan con sobretensiones permitiendo el -
paso de la corriente del rayo sin sufrir daño, 2) redu-
cen las sobretensiones a valores que no dañen el aisla-
dor del equipo.

Cortocircuito en las instalaciones

Se entenderá por cortocircuito a una falla que se pre-
senta en una instalación y que demanda una corriente excesi-
va denominada corriente de cortocircuito en el punto de ocu-
rrencia.

La falla puede ser de los siguientes tipos:

- De línea a tierra (fase a tierra)
- De línea a línea (fase a fase)
- De dos líneas a tierra (fase a fase a tierra)
- Trifásica (tres fases entre sí)

De estos tipos de fallas la más probable de ocurrir es la falla de línea a tierra.

Dispositivos de protección contra sobrecorriente en redes de distribución

Los principales elementos de protección contra sobrecorriente son:

- Cuchillas fusibles (corta-circuitos)
- Restauradores
- Seccionadores

Cuchillas fusibles.- La figura 3.3.a muestra las principales partes de la cuchilla-fusible.

Cuando se instala una cuchilla-fusible en una red de distribución, el listón fusible está listo para funcionar como elemento de protección; al ocurrir la falla y debido a la

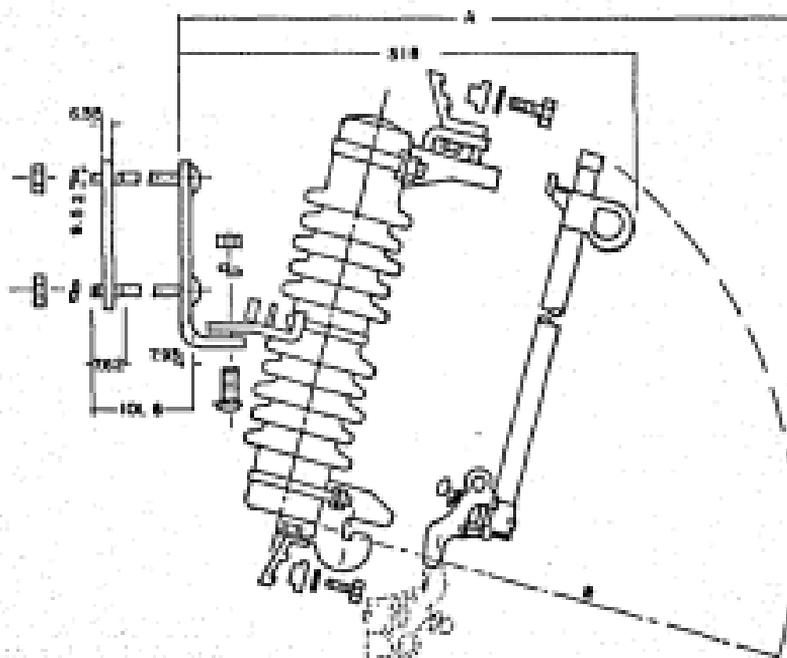


Fig. 3.3 A

alta resistencia del tensor, éste se calienta y se desprende, en este instante se establece un arco de una parte a otra -- del listón, este arco es un medio conductor de partículas ionizadas, las cuales son iones metálicos del elemento fundido del alambre y del gas, como el arco es un medio para que fluya la corriente de falla, éste debe ser extinguido rápidamente para evitar daños al sistema y equipo, la extinción del arco depende del principio de expulsión.

El listón fusible es el elemento que realiza la función de interrupción por sobrecorriente, por lo que es importante conocer su construcción, la figura 3.3.b muestra las principales partes del listón fusible.

Restauradores

Son dispositivos que tienen la ventaja de distinguir entre fallos temporales y permanentes. En caso de que la falla no fuera eliminada, entonces el restaurador opera manteniendo sus contactos abiertos. Los restauradores trifásicos pueden ser controlados hidráulicos o electrónicamente.

Los siguientes requisitos aseguran la efectiva operación de un restaurador:

Eslabon Fusible tipo universal
Capacidad de 6 Amperes o Menos

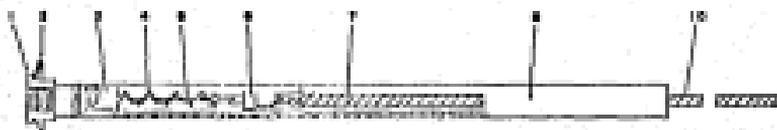


- 1 Contacto del Botón de Contacto, con Resaca.
- 2 Anillo.
- 3 Terminal Superior.

- 4 Elemento Fusible.
- 5 Elemento Protector contra Cortos.
- 6 Terminal Inferior.
- 7 Muelle de Tensión.

- 8 Cable Interior.
- 9 Cable Protector Óptico, otro cable superior al muelle de tensión.
- 10 Cable.

Eslabon Fusible tipo universal
Capacidad de 6 Amperes o Mas



- 1 Contacto del Botón de Contacto, con Resaca.
- 2 Anillo.
- 3 Terminal Superior.

- 4 Elemento Fusible.
- 5 Elemento de Tensión.
- 6 Terminal Inferior.

- 7 Cable.
- 8 Cable Protector.
- 10 Cable.

Elementos que constituyen al liston fusible.

Fig. 3.3 B

- 1) La capacidad normal de interrupción del restaurador deberá ser igual o mayor de la máxima corriente de falla.
- 2) La capacidad normal de corriente constante del restaurador deberá ser igual o mayor que la máxima corriente de carga.
- 3) El mínimo valor de disparo seleccionado deberá permitir al restaurador ser sensible al cortocircuito que se presente en la zona que se desea proteger.
- 4) Las curvas "T-C" seleccionadas, deberán permitir la coordinación con los demás dispositivos de protección.

Seccionalizadores

Este dispositivo sirve principalmente para proteger los circuitos alimentadores contra fallas en ramales, reduciendo de esta forma en lo posible las áreas que quedan fuera de servicio. El seccionalizador opera en forma automática aislando de esta forma las secciones contra falla en una línea del resto de la red, este elemento no interrumpe las corrientes de falla, actúa como un contador de operaciones de un dispositivo de recierre en presencia de una falla.

El empleo de seccionalizadores en redes de distribución

debe cumplir con ciertos requisitos como son:

- 1) La corriente mínima de falla que se presente en la red debe ser mayor que la mínima corriente de operación del seccionador.
- 2) Los seccionadores se usan siempre en serie con otros dispositivos de protección, pero no deben ser instalados en ningún caso entre dos restauradores.
- 3) El seccionador que cumple funciones de respaldo debe ser suficientemente sensible como para detectar la mínima corriente de falla que se presente en el extremo de su zona de protección.
- 4) En ningún caso se deben exceder sus valores momentáneos y de corto tiempo de ajuste de la bobina de un seccionador.

En nuestro caso los dispositivos empleados para la protección contra sobretensiones serán aisladores y apartarrayos.

Los aisladores serán tipo alfiler, tensión nominal 33 KV marca IUSA codificación C.F.E. 32A ; y aisladores tipo suspensión tensión nominal 33 KV, marca Condumex, codificación

C.F.E. 65. Ver las figuras 3.4 y 3.5.

Los apartarrayos serán autovalvulares tipo distribución - clase 21 KV, marca Celeco. Ver la figura 3.6.

La protección contra sobrecorrientes se hará con cuchilla fusible marca Salsco tipo SMD-20 para 25 KV, aislador sencillo, con fusible de Sólido térmico. Ver la figura 3.3.

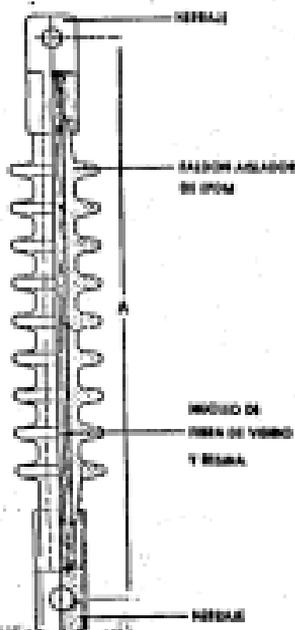
TABLA I DATOS TÉCNICOS

	TENSION OPERACION (N)	TENSION MECANICA (lb)	FLANEO 5000 (N)	FLANEO 10000 (N)	1/2 FLANEO 10000 (N)	1/2 FLANEO 10000 (lb)
ASUS-15	15	10.000	90	65	140	10
ASUS-25	25	10.000	120	110	270	10
ASUS-34.5	34.5	10.000	145	130	350	10
ASUS-110	110	20.000	450	—	670	—

* NOTA: Se pueden permitir flaneos para 10.000 lb de tensión mecánica.

TABLA II DIMENSIONES

	DESMIDA RACA MM (mm)	DESMIDA ENTRE CURVAS (A) (mm)	DESMIDA ANCO (mm)	REGO Pa ()
ASUS-15	50	300	180	1.0
ASUS-25	50	450	270	1.3
ASUS-34.5	70	550	435	1.9
ASUS-110	290	1480	1130	3.3



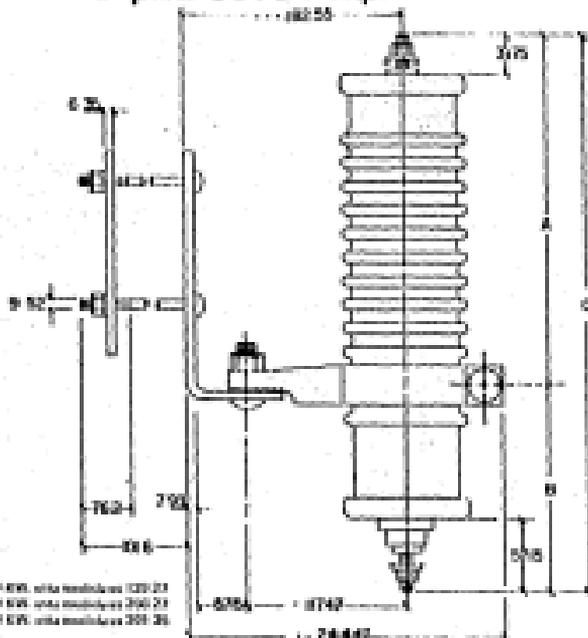
DIMENSIONES HEBRAS PARA 10.000 LB



NOTA:
El flaneo de 7 partes para 10.000 lb se proporciona con punta y corona.

Figura 3.4

Apartarrayos Autovalvular distribución serie "B" para 5000 Amp.



* Para el apartarrayos de 20 p 30 KV, verla modificacion 120 23

** Para el apartarrayos de 20 p 30 KV, verla modificacion 300 23

*** Para el apartarrayos de 20 p 30 KV, verla modificacion 300 23

CLASE	VOLTAJES					DIMENSIONES (M.M.)			PESO (kg)
	NORMAL K.V.	DESCARGA 80-100 KV. CRISTALIN		DESCARGA P. D. C. KV. CRISTALIN	DESCARGA 1.2-50 KV. CRISTALIN	A	B	C	
AB-3	3	5.5	9.0	14	12	11287	13163	6285	2.8
AB-6	6	10	17	21	20	14148	15163	26111	2.8
AB-10	10	15	21	26	21	20826	13813	24168	3.0
AB-15	15	20	28	33	26	26826	13813	24168	3.0
AB-20	20	25	33	38	31	32843	17363	41118	4.4
AB-25	25	30	41	45	33	36713	18130	47848	5.0
AB-30	30	35	48	53	35	40311	20418	49843	5.2
AB-35	35	40	55	61	37	44827	21087	48515	5.0
AB-40	40	45	62	68	39	48355	24418	50758	5.4
AB-45	45	50	70	75	41	52854	27418	70211	5.6
AB-50	50	55	78	83	43	56318	30811	70558	5.8

Red Subterránea

1) Voltaje de operación: como ya se mencionó el voltaje de operación será de 23 KV por las razones mencionadas anteriormente.

2) Aislamiento: el aislamiento tiene como función confinar la corriente eléctrica en el conductor y contener el campo eléctrico dentro de su masa.

Existen varios factores que deben ser considerados en la selección de los aislamientos, como son sus características eléctricas, mecánicas y resistencia a la humedad.

Los aislamientos más utilizados en cables de alta tensión son:

a) Sintenax. Es un policloruro de vinilo (PVC) que ofrece una alta rigidez dieléctrica y resistencia a la ionización (efecto corona) por lo que puede ser empleado en cables de hasta 23 KV.

Es un aislamiento adecuado para ambientes húmedos, debido a la estabilidad de su resistencia de aislamiento y factor de potencia en presencia de humedad, además son ligeros y facilitan la elaboración de espalmes, terminales y su instalación.

b) Papel impregnado. Se emplea un papel especial obtenido de pulpa de madera, con celulosa de fibra larga. Se aísla el cable con papel sin humedad y luego se impregna de una sustancia que ocupa intersticios, eliminando las burbujas de aire en el papel evitando así, la ionización mientras opera el cable.

c) Etileno propileno (EP). Es un compuesto elastomérico que posee las siguientes características: excelente resistencia al calor, resistencia al efecto corona, gran flexibilidad, alta rigidez dieléctrica, baja absorción de humedad, bajas pérdidas dieléctricas, bajo coeficiente de expansión térmica, estabilidad eléctrica bajo esfuerzos. Además de que es fácil de instalar y se facilita la elaboración de empalmes y terminales.

d) Polietileno de cadena cruzada (XLP). Es un compuesto termofijo que posee las siguientes características: gran resistencia a la ionización (efecto corona), alta rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas dieléctricas y baja absorción de humedad.

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 la característica del sistema. Esto-

nos conduce a tres valores de espesor de aislamiento:

- Clase uno (100% nivel de aislamiento). Quedarán incluidos en esta clasificación los cables que se usen en sistemas protegidos con reslevadores que liberen fallas a tierra lo más rápido posible, en un tiempo no mayor de un minuto. Este nivel de aislamiento es aplicable a la mayoría de los sistemas con neutro a tierra y pueden aplicarse a otros sistemas, 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 cumpla las condiciones de liberación de falla, ya que en los sistemas incluidos en el intervalo descrito pueden encontrarse valores de tensiones altas, en condiciones de falla a tierra.

- Clase dos (133% nivel de aislamiento). 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 en no más de una hora. El nivel 133% se podrá usar también en aquellas instalaciones donde se desee un espesor de aislamiento mayor al 100%.

- Clase tres (173% nivel de aislamiento). 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 sobres tensiones de gran magnitud.

Considerando las propiedades de los diferentes usos de aislamiento, elegiremos para el proyecto el cable Vulcanel - EP tipo 28 para distribución subterránea, marca Condumax, ca libre 1/8 AWG, para una tensión mínima de operación de 25 kV, nivel de aislamiento del 100%. Se escogió este cable por ser el normalizado por C.F.E. para distribución subterránea.

Su construcción es la siguiente:

- a) Conductor compacto de aluminio
- b) Pantalla semiconductor sobre el conductor, estrufida - simultáneamente con el aislamiento.
- c) Aislamiento etileno-propileno (EP) que ofrece propiedades, como estabilidad térmica, resistencia excelente a la ionización, al calor y a la humedad, gran resistencia a las arborescencias.
- d) Pantalla sobre aislamiento formada de material semiconductor estrufida y alambres de cobre suave aplicados helicoidalmente.
- e) Cinta separadora entre la pantalla metálica y la cubier ta exterior.

f) Cubierta exterior de PVC rojo resistente a la absorción e interperie . Ver la figura 1.7.

3) Selección del conductor y cálculo de la regulación de voltaje:

Son cuatro factores importantes que deben ser considerados en la selección de conductores:

- a) Material
- b) Flexibilidad
- c) Forma
- d) Dimensiones

a) Material.- La selección es entre cobre y aluminio, - aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas, 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 la tabla 1.4 se comparan algunas de las características más importantes en conductores fabricados con cobre y aluminio.

b) Flexibilidad.- Queda determinada por el manejo que tiene que soportar el cable en su instalación como en su operación.

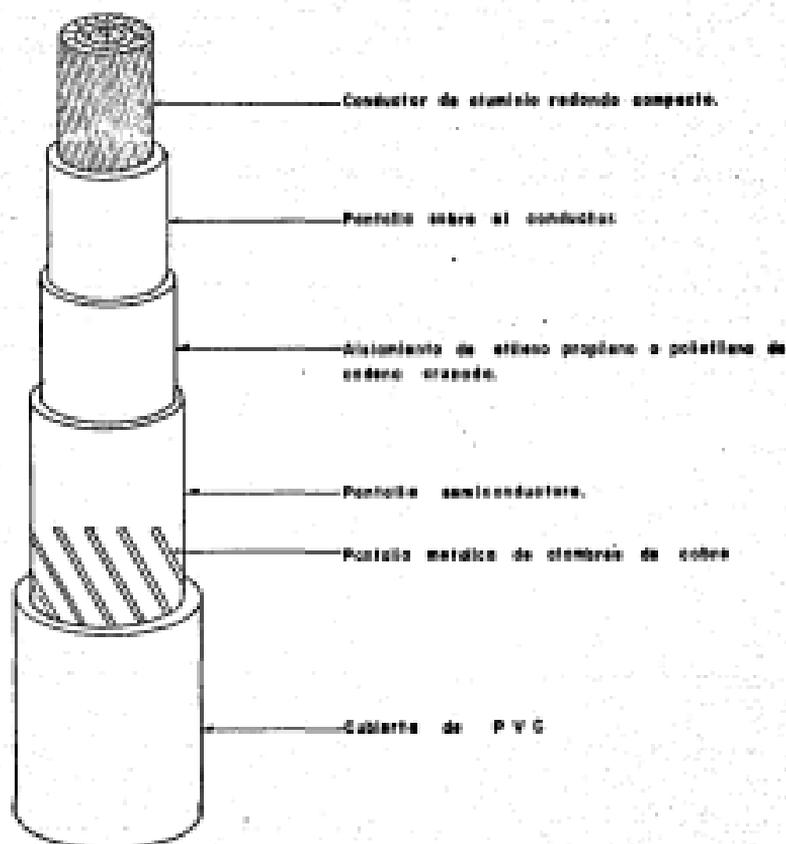


Fig. 3.7 Cable tipo D 5

Propiedades comparativas de materiales empleados
en la fabricación de cables eléctricos.

Metal	Densidad	Tempe- ratura de fusión	Coefi- ciente lineal de di- latación	Resisti- vidad eléctri- ca 20 C.	Coeficien- te térmico de re- sistividad eléc. 20°C	Conducti- vidad eléctri- ca.
	g/cm ³	°C	$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	ohm-cm ² /km	1/°C	% IACS
Acero	7.90	1400	13	575-115	0.0016-0.0032	3-15
Alumin.	2.70	660	24	30.364	0.00403	61.0
Co.duro	8.89	1083	17	17.932	0.00383	96.3
Co.suav.	8.89	1083	17	17.241	0.00393	100.0
Plomo	11.38	327	29	221.038	0.00410	7.8
Zinc	7.14	420	29	61.138	0.00480	28.2

Tabla 3.4

Los recursos de que se dispone para dar al conductor la flexibilidad deseada, son el temple del material y principalmente su construcción, dentro de la cual el número de hilos es un factor determinante del cual prácticamente depende la flexibilidad.

El grado de flexibilidad de un conductor, 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 decir cuál grado de flexibilidad es el más adecuado para una determinada aplicación ya que, - 1 5 3 clases de cableado pueden ser igualmente satisfactorias para cierto cable.

En la tabla 1.5 se dan recomendaciones de carácter general.

c) Forma.- Las formas de conductores de uso más general en cables aislados son:

-Redonda: un conductor redondo es un alambre o cable cuya sección transversal es circular. Los conductores de calibre pequeño suelen ser alambres sólidos, mientras que calibres mayores son generalmente cables.

CLASES DE CABLEADO.

CLASE	APLICACION	CLASE	APLICACION
AA	Cable desnudo, generalmente para líneas aéreas	I	Cables para aparatos especiales.
A	Cable aislado, tipo intempé-rio, o boles desnudos que - requieran mayor flexibili- dad que la clase AA.	J	Cordones para artefactos eléctricos.
B	Cable aislado con materia- les diversos como papel, hu- le, etc. o cables del tipo an- terior que requerirán mayor flexibilidad.	K	Cables portátiles y pa- ra soldaduras.
C y D	Cables aislados que requieran mayor flexibilidad que la cla- se B.	L	Cordones portátiles y para artefactos peque- ños que requieran mayor flexibilidad que los - de las clases anter.
G	Cables portátiles con aisla- miento de hule, para alimen- tación de aparatos similares.	M	Cables para soldaduras, para calentadores y pa- ra lámparas.
H	Cables y cordones con aisla- miento de hule que requieran mucho flexibilidad.	N	Cordones pequeños para calentadores que requi- ran mayor flexibilidad- que los anteriores.
		O	Cordones más flexibles que en las clases ante- riores.
		P	Cordón para ventilado- res oscilantes, flexi- bilidad máxima.
		Q	

Tabla 3.5

- Sectorial; un conductor sectorial está formado por un cable cuya sección transversal es un sector del círculo. Se utiliza principalmente en cables de energía trifásicos, en calibres superiores a 1/0 AWG.

ver la figura 3.8

d) Dimensiones. Para la elección del calibre del conductor se analizan dos aspectos el técnico y el económico:

1.- Análisis técnico. Se selecciona el calibre que cumpla con todas las especificaciones establecidas en cuanto a los cuatro parámetros siguientes:

- Capacidad de conducción de corriente; se obtiene un valor para la sección del conductor que sea capaz de transportar la corriente de carga máxima del circuito en forma continua, en las condiciones de instalación especificadas y sin sobrepasar las limitaciones térmicas del aislamiento. La corriente de carga máxima se obtiene partiendo de una carga inicial y considerando incrementos anuales durante la vida esperada del sistema.

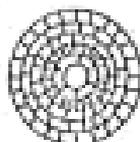
- Regulación de tensión; se determina una sección del conductor que sea capaz de mantener la caída de tensión a lo largo de la línea, dentro de valores que sean aceptables al-



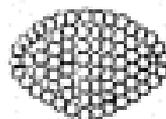
ALAMBRE



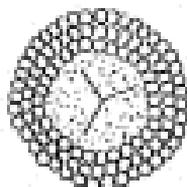
CONCENTRICO CIRCULAR



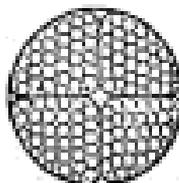
CIRCULAR COMPACTO



SECTORIAL



ANULAR



SEGMENTAL

Fig. 3.8 Distintas formas de conductores

tipo de carga que debe alimentar. El método de cálculo depende de la longitud de la línea.

- Corto circuito; se calcula una sección del conductor - que sea capaz de soportar las condiciones de corto circuito del sistema, en el sitio de instalación del cable.

- Sección mínima del conductor; se determina:

a) por limitaciones del proceso de fabricación y b) - por limitaciones del esfuerzo máximo de tensión que puede soportar el aislamiento.

De cada uno de los parámetros anteriores se obtiene un valor de sección en milímetros cuadrados o en AWG/MCM. Para obtener la sección o Calibre Técnico, se selecciona el calibre mayor de los cuatro.

2.- Análisis económico. Efectuado lo anterior y en base a los resultados obtenidos, se realiza un análisis económico, tomando en cuenta lo siguiente:

- Costo anual de las pérdidas en el cable. Las pérdidas en un cable de energía son la suma de las pérdidas en el conductor, en el aislamiento (dieléctricas) y en las pantallas metálicas. Las primeras son las físicas que se consideran en-

los cables de energía de baja tensión. Las pérdidas dieléctricas sólo son de importancia en cables para tensiones mayores de 35 KV. En base a lo anterior es necesario analizar si la sección del conductor determinada por el análisis técnico es adecuada en función de las pérdidas o si, en su defecto, se requiere considerar otras alternativas.

- Costo anual del capital invertido en el cable. Partiendo de la selección o calibre técnico se efectúa un estudio económico en base a la inversión inicial, los costos del capital, la vida probable del sistema, etc. De este modo se pueden analizar todas las alternativas aceptables técnicamente para obtener las más ventajosas desde el punto de vista económico.

De acuerdo a las especificaciones de C.F.E. el conductor debe ser de aluminio cableado compacto de grado EC, clase B y debe cumplir con la norma NOM-2-62.

El calibre mínimo con relación a la tensión debe ser el especificado en la siguiente tabla:

Tensión nominal entre fases (V)	Calibre (AWG)
15000	2
25000	1/0
35000	1/0

Verificación del calibre por regulación de voltaje.

1.- Cálculo de la resistencia efectiva del conductor.

a) Cálculo de la resistencia a la c.d. a una temperatura de 20°C.

$$R_{cd} = \rho L/A$$

en donde:

L = longitud del conductor

A = área de la sección transversal.

ρ = resistividad volumétrica del material del conductor

de la tabla 3.6 obtenemos la resistividad eléctrica del aluminio y el área de la sección transversal.

$$\rho = 28.264 \text{ ohms} \cdot \text{mm}^2/\text{Km}$$

$$A = 53.5 \text{ mm}^2$$

por lo tanto, la resistencia a la c.d. a 20°C es:

$$R_{cd} = 0.5283 \text{ ohms/Km}$$

resistencia a la corriente directa a 20°C en conductores de aluminio con cableado concéntrico, normal, comprimido y compacto.

Designación AWG NCM	Área de la sección transversal (mm ²)	Resistencia eléctrica nominal a la cd. ohm/km a 20°C.
2	31.6	0.840
1/0	53.5	0.539
2/0	67.4	0.428
3/0	85.0	0.3391
4/0	107.2	0.269
250	126.7	0.228
350	177.3	0.163
500	253.4	0.114
600	304.0	0.0948
700	354.7	0.0813
1000	506.7	0.0569

Tabla 3.6

la corrección por cableado está dada por:

$$R_{cd} = \rho L/A (1 + K_c)$$

en donde:

K_c = factor del cableado

Valor que obtenemos de la siguiente tabla:

Tipo cableado	K_c
Redondo normal	0.020
Redondo compacto	0.020
Sectorial	0.015
Segmental	0.020

escogeremos el tipo de cableado redondo compacto por ser el normalizado por C.F.E., donde $K_c = 0.020$.

Por lo tanto, el incremento de la resistencia por efecto de cableado es:

$$R_{cd} = 0.5188 \text{ ohms/m}$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

b) Corrección de la resistencia calculada a la temperatura de operación.

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

en donde:

R_1 = resistencia a 20°C

R_2 = resistencia a la temperatura de prueba

α = coeficiente de temperatura dado por

$$\alpha = \frac{1}{228 + x \text{ } ^\circ\text{C}} = 0.00483 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

por lo tanto, la resistencia a la c.d. a 90°C es igual a:

$$R_{cd} = 0.6907 \text{ ohms/Km}$$

c) Cálculo de la resistencia a la c.a.

$$R_{ca} = R_{cd} (1 + Y_B + Y_P)$$

en donde:

R_{ca} = resistencia a la corriente alterna

R_{cd} = resistencia a la corriente directa

Y_p = factor debido al efecto piel

Y_p = factor debido al efecto de proximidad en donde:

$$Y_p = \frac{K_p^4}{192 + 0.6 K_p^4}$$

con:

$$K_p^2 = \frac{577 f}{R^2} \times 10^{-4} K_p$$

donde:

f = frecuencia del sistema

R^2 = resistencia del conductor a la c.d., corregida

K_p = se obtiene de la siguiente tabla.

Factores K_a y K_p	K_a	K_p
Redondo compacto	1	1
Redondo	1	1
Compacto segmental	0.435	0.37

por lo tanto el efecto piel es igual a:

$$Y_p = 0.00024$$

y el efecto de proximidad está dado por:

$$r_p = \frac{x_p^4}{192 + 0.8 x_p^4} (d_c/s)^2 \left[0.312 (d_c/s)^2 + \frac{1.18}{\frac{x_p^4}{192 + 0.8 x_p^4} + 0.27} \right]$$

con:

$$x_p^2 = \frac{277f}{K_1} \times 10^{-4} x_p$$

donde:

d_c = diámetro del conductor

s = distancia entre ejes de los conductores

K_1 = se obtiene de la tabla anterior

por lo tanto el efecto de proximidad es igual a:

$$r_p = 0.6900018$$

aplicando la fórmula para obtener la resistencia a la c.a.:

$$R_{ca} = 0.69086 \text{ ohms/Km}$$

2.- cálculo de la reactancia inductiva:

$$X_L = 2\pi f L \quad \text{ohms/Km}$$

donde:

f = frecuencia del sistema

L = inductancia en Henry/Km

para el cálculo de la inductancia total, se determina de acuerdo a la disposición de los cables. Ver la tabla 3.7

$$L = 2 \times 10^{-4} \quad L_a \quad \frac{DMG}{RMG}$$

con:

$$DMG \text{ (distancia media geométrica)} = \sqrt[3]{2} \times S$$

$$S = 25 \text{ cm.}$$

RMG (radio medio geométrico) depende del conductor, en este caso es un cable de un solo material de 7 hilos, por lo tanto. Ver la tabla 3.8.

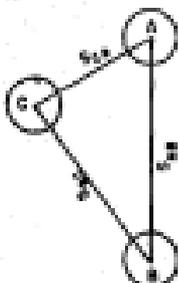
$$RMG = 0.726 \ r$$

r = radio del conductor.

El cable Vulcanel EP, 25 KV, conductor de aluminio, calibre 1/0 AWG, tiene las siguientes dimensiones:

$$\text{diámetro del conductor} = 8.53 \text{ mm}$$

$$\text{diámetro total} = 28.08 \text{ mm}$$



El valor medio de la inductancia total del sistema es:

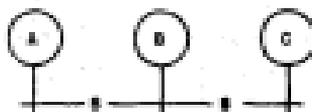
$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMS} \quad (a.3)$$

donde DMG es la distancia medio geométrica y queda definida como:

$$DMG = \sqrt[3]{R_{AB} \cdot R_{BC} \cdot R_{CA}}$$

(a.3')

$R_{AB} \neq R_{BC} \neq R_{CA}$
Formación triangular

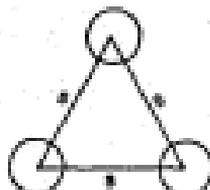


Formación plana

El valor de la inductancia total es:

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMS}$$

$$\text{donde } DMG = \sqrt[3]{2ab^2} \quad (a.4)$$



Formación triangular equilátera

$$L = L_A + L_B + L_C$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{a}{RMS} \quad (a.4)$$



$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{a}{RMS} \quad (a.5)$$

Formulas de calculo de la inductancia total (H/Km)

Tabla 3.7

Radio medio geométrica de conductores usuales.

Construcción del Conductor	RPG
Alambre sólido	$0.779r$
Cable de un solo material	
7 hilos	$0.736r$
19 hilos	$0.758r$
37 hilos	$0.768r$
61 hilos	$0.773r$
91 hilos	$0.774r$
127 hilos	$0.776r$
$r =$ Radio del conductor	

Tabla 3.3

por lo tanto:

$$R_{MG} = 0.716 (8.53/2) = 3.09 \text{ m}\Omega$$

y:

$$DMS = 25.19 \text{ cm} = 251.9 \text{ mm}$$

entonces la inductancia total será:

$$L = 8.80 \times 10^{-4} \text{ H/Km} = 0.00088 \text{ H/Km}$$

por lo tanto, la reactancia inductiva será:

$$X_L = 0.3317 \text{ ohms/Km}$$

NOTA: Estos valores de resistencia y reactancia también pudie
ron haberse obtenido de tablas del fabricante.

3.- Caída de tensión y % de regulación:

$$R_{ca} = 0.6908 \text{ ohms/Km}$$

$$X_L = 0.3317 \text{ ohms/Km}$$

$$Z = (0.6908 + j0.3317) = 0.7663 \quad \underline{25.64^\circ}$$

para calcular la corriente en la línea:

$$I = \frac{kVA}{\sqrt{3} \text{ V}}$$

para el cálculo de la caída de tensión:

$$V = IL (R + jX_L) = I \times L \times Z$$

para el % de regulación:

$$\% \text{ Reg} = \frac{E_0 - E_r}{E_r} \times 100$$

donde:

E_0 = tensión sin carga

E_r = tensión a plena carga

a) Poste 1 al edificio de Rectoría, una distancia de 85 mts.

$$I = \frac{225}{(1.73)(23)} = 5.65 \text{ A}$$

$$V = (5.65) (0.085) [(1.6908)(.8) + (.3317)(.6)]$$

$$\Delta V = 0.36 \text{ volts}$$

$$V_n = \frac{23000}{\sqrt{3}} = 13279 \text{ volts}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100 = \frac{0.36}{13279} \times 100 = 0.0027$$

b) Poste 3 a edificio de Ingenieria, a una distancia de 185 mts.

$$I = 2.82 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.39 \text{ V}$$

$$R_{eq} = 0.0021$$

c) Poste 4 a CUPED, a una distancia de 95 m.

$$I = 2.82 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.39 \text{ V}$$

$$R_{eq} = 0.0014$$

d) Poste 5 al Laboratorio del CIDI, a una distancia de 100 m.

$$I = 1.12 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.08 \text{ V}$$

$$R_{eq} = 0.00064$$

e) Poste 6 a Periodismo, a una distancia de 165 m.

$$I = 7.53 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.93 \text{ V}$$

$$R_{eq} = 0.0071$$

f) Poste 9 a Talleres Gráficos, a una distancia de = 60 m.

$$I = 7.53 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.33 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.002\%$$

g) Poste 10 a Taller de Enseñanza, a una distancia de = 120 m.

$$I = 3.76 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.33 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.002\%$$

h) De Talleres de Enseñanza a Centro de Diseño a una distancia de 40 m.

$$I = 13.19 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.59 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.004\%$$

i) Poste 14 a C.C.Q.Q., a una distancia de 115 m.

$$I = 1.48 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.16 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.001\%$$

j) Poste 15 a Ingenieria Agricola, a una distancia de -
125 m.

$$I = 1.88 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.17 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.001\%$$

k) Poste 16 a Psicologia, a una distancia de 110 m.

$$I = 1.88 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.15 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.001\%$$

l) Poste 17 a FACET, a una distancia de 115 m.

$$I = 2.82 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.24 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.001\%$$

m) Sectoria Nueva a Derecho, a una distancia de 260 m.

$$I = 1.88 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.36 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.002\%$$

n) Rectoría Nueva al Estadio 3 de Marzo, a una distancia de 240 m.

$$I = 7.53 \text{ A}$$

$$\Delta V = 1.35 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.01\%$$

ñ) Rectoría Nueva a Cafetería a una distancia de 100 m.

$$I = 5.64 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.42 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.003\%$$

o) De FACET a Humanidades, a una distancia de 135 m.

$$I = 3.76 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.38 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.002\%$$

p) Psicología a ICET, a una distancia de 170 m.

$$I = 5.64 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.72 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.005\%$$

q) Poste 21 a Bombo, a una distancia de 10 m.

$$I = 3.45 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.07 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.005\%$$

r) Gimnasio a Canchas de Tenis, a una distancia de 100m.

$$I = 3.02 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.31 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.001\%$$

s) Bombo a Gimnasio, a una distancia de 200 m.

$$I = 2.82 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.42 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.003\%$$

t) Bombo a Alberca, a una distancia de 190 m.

$$I = 2.82 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.48 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.003\%$$

u) Bombo a Pozo Patria, a una distancia de 315 m.

$$I = 2.62 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.66 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.005\%$$

v) Poste A a Gasolinera, a una distancia de 40 m.

$$I = 0.75 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.02 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.0001\%$$

w) Poste D a Marco de Ingreso, a una distancia de 15 m.

$$I = 1.88 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.02 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.0001\%$$

x) Poste I a Rectoría Nueva, a una distancia de 315 m.

$$I = 7.5 \text{ A}$$

$$\Delta V = 1.30 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.009\%$$

y) De Periódico a CUREB alumbrado, a una distancia de 80 m.

$$I = 1.00 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0.08 \text{ V}$$

$$\text{Reg} = 0.0006\%$$

De acuerdo a las Normas para Sistemas de Distribución Subterránea de C.F.E. la caída máxima en los circuitos primarios no debe de exceder de 1 por ciento.

4) Protecciones

Los sistemas de distribución subterránea también son protegidos contra sobretensiones y sobrecorrientes:

Protección contra sobretensiones

Las sobretensiones que se presentan en el sistema son:

- a) Sobretensiones de origen interna
- b) Sobretensiones de origen externo

Las de origen interno se deben a la operación de dispositivos de desconexión y al fenómeno de ferorresonancia que se presentan principalmente en sistemas trifásicos de tres hilos con transformadores conectados con neutro aislado (de ta-estrella conectado a tierra); este problema se elimina empleando sistemas trifásicos de cuatro-hilos (estrella-estrella conectados ambos a tierra) o bien utilizando elementos de protección.

Las sobretensiones de origen externo se deben al contag to directo con líneas de mayor tensión y descargas atmosféricas.

Protección contra sobrecorriente

Estas fallas son siempre de naturaleza permanente, para aislar este tipo de fallas se emplean fusibles e interruptores o la combinación de ambos.

En nuestro caso la protección contra sobretensiones se hará en la acometida aéreo-subterráneo con apartarrayos tipo autovalvulares, clase 21 KV.

Para la protección contra sobrecorriente se utilizarán cuchillas fusibles tipo expulsión, también en la transición aéreo subterráneo.

b) Análisis económico del proyecto.

La ejecución del proyecto se hará por medio de contrato, interviniendo personal de la Universidad únicamente para supervisión.

A continuación se dan los precios de materiales y mano-de-obra presupuestos por la Compañía Constructora que tendrá a su cargo la realización del proyecto.

Presupuestos de la red aérea.

Descripción	Cant.Unid.	P.Unid.	Importe
Estructura Tipo "R", sin poste			
Croqueta C4R	2 pza.	\$ 47,700.00	\$ 95,400.00
Dado 4GR	2 pza.	23,869.00	47,738.00
Ferrocable doble roca 16x457 mm.	4 pza.	4,726.00	18,904.00
Arandela 1 PC	2 pza.	413.00	826.00
Ojo RE	2 pza.	2,565.00	5,130.00
Moldura RE	1 jgo.	2,565.00	2,565.00
Aisladores 68	9 pza.	81,600.00	734,400.00
Horquilla con guardacabo	3 pza.	6,750.00	20,250.00
Resate preformado	3 pza.	12,600.00	37,800.00
		SUMA	\$ 963,013.00

Descripción	Cant. Unid. U.	P. Unitario	Importe
Estructura Tipo "32"			
Poste de concreto 13-600	1 pza.	416,640.00	416,640.00
Cruceta C4R	2 pza.	47,700.00	95,400.00
Dado 46R	2 pza.	23,869.00	47,738.00
Porno doble rosca 16x457 mm	4 pza.	4,726.00	18,904.00
Arandelas 1 PC	2 pza.	413.00	826.00
Ojo BE	4 pza.	2,565.00	10,260.00
Moldura BE	2 jgo.	2,565.00	5,130.00
Aisladores 6E	18 pza.	81,600.00	1,468,800.00
Norquillas con guardacabo	6 pza.	6,750.00	40,500.00
Resata prefornada	6 pza.	12,600.00	75,600.00
Alfiler 2A	6 pza.	5,190.00	31,140.00
Aislador 22A	3 pza.	40,558.00	121,674.00
Conector BCL-44	3 pza.	6,841.00	20,523.00
		SUMA	\$2'351,135.00

Estructura Tipo "T"

Poste concreto 13-600	1 pza.	416,640.00	416,640.00
Cruceta C4T	1 pza.	47,700.00	47,700.00
Dado 46	1 pza.	23,869.00	23,869.00
Abrazadera 1U	2 pza.	6,420.00	12,840.00
Arandela 1PC	2 pza.	413.00	826.00
Alfiler 2A	3 pza.	5,190.00	15,570.00
Aislador 22A	3 pza.	40,558.00	121,674.00

Descripción	Cant. Unid.	P. Unitario	Importe
Guardafines cal. 1/0	3 pza.	8,798.00	26,394.00
Amarres suaves	6 pza.	6,000.00	36,000.00
		SUMA	¢ 701,513.00

Estructura tipo "TT"

Poste de concreto 13-600	1 pza.	416,640.00	416,640.00
Cruceta C4T	2 pza.	47,700.00	95,400.00
Dado 46	2 pza.	23,869.00	47,738.00
Perno doble rosca 16 x 356mm	6 pza.	4,726.00	28,356.00
Arandela 1 PC	4 pza.	413.00	1,652.00
Alfiler 2A	6 pza.	5,190.00	31,140.00
Aislador 22A	6 pza.	40,558.00	243,348.00
Guardafines cal. 1/0	3 pza.	8,798.00	26,394.00
Amarres suaves	6 pza.	6,000.00	36,000.00
		SUMA	¢ 926,668.00

Estructura tipo "E"

Poste de concreto 13-600	1 pza.	416,640.00	416,640.00
Cruceta C4E	4 pza.	47,700.00	190,800.00
Dado 46R	4 pza.	23,869.00	95,476.00
Perno doble rosca 16x457mm.	8 pza.	4,726.00	37,808.00
Arandela 1 PC	8 pza.	413.00	3,304.00
Ojo RE	4 pza.	2,565.00	10,260.00
Moldura RE	2 pza.	2,565.00	5,130.00

Descripción	Cant.Unid.	P.Unitario	Importe
Aislador 68	18 pza.	81,600.00	1'468,800.00
Horquilla con guardacabo	6 pza.	6,750.00	40,500.00
Bornates preformados cal. 1/0	6 pza	12,600.00	75,600.00
Alfiler 2A	2 pza.	5,190.00	10,380.00
Aisladores 22A	2 pza.	40,558.00	81,116.00
Conector AC-504	3 pza.	6,841.00	20,523.00
		SUMA	\$2'456,317.00
Estructura Tipo "K"			
Poste de concreto 13-600	1 pza.	416,640.00	416,640.00
Cruceta C4R	2 pza.	47,700.00	95,400.00
Bado 4GR	2 pza.	23,869.00	47,738.00
Ferre doble rosca 16x457mm.	4 pza.	4,726.00	18,916.00
Arandela 1 PC	4 pza.	413.00	1,652.00
Ojo RE	2 pza.	2,565.00	5,130.00
Moldura RE	1 pza.	2,565.00	2,565.00
Aisladores 68	9 pza.	81,600.00	734,400.00
Horquillas con guardacabo	3 pza.	6,750.00	20,250.00
Bornates preformados cal.1/0	3 pza.	12,600.00	37,800.00
		SUMA	\$ 1'380,491.00

Descripción	Cant.Unid.	P.Unitario	Importe
Retenida Tipo "RA"			
Perno ancla 1 PA	1 pza.	11,116.00	11,116.00
Muerto Canal	1 pza.	7,106.00	7,106.00
Aranzela 1 PC	1 pza.	413.00	413.00
Guardacabo 1/8"	1 pza.	529.00	529.00
Grapa paralela 3T	1 pza.	18,200.00	18,200.00
Aislador 3R	1 pza.	17,314.00	17,314.00
Cable de acero 3/8"	15 mts.	2,400.00	36,000.00
		SUMA	\$ 82,669.00
Cable ACER cal 1/0 AWG	4500 mts.	2,854.00	12'843,000.00
Mano de obra	1 pza.		4'492,000.00
SUMAS TOTALES			
Estructuras Tipo "R" s/poste	1 pza.		963,013.00
Estructuras Tipo "RR"	2 pza.		4'706,279.00
Estructuras tipo "T"	13 pza.		7'716,643.00
Estructuras tipo "TT"	4 pza.		3'706,672.00
Estructuras tipo "E"	3 pza.		7'369,011.00
Estructuras tipo "R"	1 pza.		1'388,491.00
Retenida tipo "RA"	13 pza.		1'074,697.00
Cable ACER cal. 1/0 AWG	4500 mts.		12'843,000.00
Mano de obra	1 pza.		4'492,000.00

SUMA	\$	44'251,797.00
IVA		<u>6'637,769.55</u>
TOTAL	\$	50'889,566.55

Presupuesto de las acometidas en alta tensión

Descripción	Cantidad	P. unitario	Importe
Cruzeta C4T	20 pza.	47,488.00	1'424,640.00
Ferreo doble rosca 5/8x16 mm. 90 pza.	90 pza.	5,331.20	479,808.00
Arandela IAC	60 pza.	403.20	24,192.00
Dado 47	30 pza.	15,305.92	459,177.60
Apartarrayo autovalvular 21KV 90 pza	90 pza.	219,559.20	19'760,328.00
Contacto. fusible 25 KV	45 pza.	204,400.00	9'198,000.00
Listón fusible	45 pza.	5,868.80	264,096.00
Mantidor de madera	15 pza.	16,800.00	252,000.00
Curva P.G.G. 4" c/coples	60 pza.	33,475.68	2'008,540.80
Tramo tubo conduit 4" p.g.g.135 pza	100,907.52	13'622,515.20	
Terminal para cable energía			
tipo interperia 23 KV cal 1/0 90 "		181,776.00	16'359,840.00
Sistema de tierras	15 pza	156,800.00	2'352,000.00
Material vario	1 pza.	2'520,000.00	<u>2'520,000.00</u>
Total de Materiales		\$	68'760,945.60
Mano de Obra			<u>18'750,000.00</u>
	Sub-Total		87'450,945.60
	IVA		<u>13'117,641.87</u>
	TOTAL	\$	100'568,587.50

* * * * *

Presupuesto de las Subestaciones

Descripción	Cantidad	P. Unitario	Importe
Transformador 30 KVA 2300/ 220-127 V delta-estrella marca IEM	1 pza.	10'745,000.00	10'745,000.00
Idem. al anterior pero de 45 KVA	1 pza.	11'365,000.00	11'365,000.00
Idem. al ant. pero de 75 KVA	4 pza	17'895,000.00	107'170,000.00
Idem. al ant. pero de 112.5	8 pza.	22'235,000.00	177'880,000.00
Idem. al ant. pero de 150	2 pza.	25'465,000.00	50'930,000.00
Idem. al ant. pero de 225	4 pza.	34'090,000.00	136'360,000.00
Idem. al ant. pero de 300	4 pza.	44'390,000.00	177'560,000.00
Cortacircuitos fusible	111 pza.	204,400.00	22'688,400.00
Listón fusible	111 pza.	5,868.80	651,436.80
Apararrayos autovalvular	111 pza.	219,559.20	24'371,071.20
Material vario	1 pza.	3'024,000.00	3'024,000.00
Estructura de fierro Sngulo 4"x4" x 1/4" para soporte de equipo de protección	26 pza.	414,400.00	<u>10'774,400.00</u>
Total de materiales			\$ 733'739,380.00
Mano de Obra			<u>17'420,000.00</u>
	Sub-total		751'159,380.00
	IVA		<u>112'673,907.80</u>
	TOTAL		\$ 863'833,287.80

- - - - -

Presupuesto de la red subterránea en A.T.

Descripción	Cantidad	P. Unitario	Importe
Cable de energía 23 KV, cal. 1/0 AWG, 100% nivel de aislamiento	9500 m.	54,541.00	518'335,000.00
Registro de concreto neg realizado por C.F.E.	15 pza	540,000.00	8'100,000.00
Ducto subterráneo para - cable de energía 4" de - diámetro	725 pza	36,214.00	<u>26'355,150.00</u>
Total de materiales		\$	552,690,615.00
Mano de obra tendido de ductería en a.t. y mon- taje de registros de con- creto prefabricados			10'440,000.00
Mano de obra de tendido de líneas a.t. y conexión al transformador.			<u>142'500,000.00</u>
Sub-Total		\$	705'630,615.00
IVA			<u>105'844,592.30</u>
TOTAL		\$	811'475,207.30
		

RESUMEN

RED AEREA	\$	50'889,566.55
ACOMETIDAS EN ALTA TENSION		100'568,587.50
SUBESTACIONES		863'833,387.00
RED SUBTERRANEA		<u>611'475,207.30</u>
GRAN TOTAL	\$	1826'766,448.35

CAPITULO IV

EJECUCION DEL PROYECTO

La ejecución del proyecto será llevado a cabo en varias etapas.

4.1 ETAPAS PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO

1) Prologar la línea aérea en 23 KV, que actualmente alimenta la subestación a lo largo de todo el perímetro de la Universidad.

2) De esta línea alimentar con el nuevo voltaje los edificios en construcción. Como son: Periódico 8 Columnas, Facultad de Agronomía y nuevo edificio de Rectoría.

3) Cambiar las subestaciones de los edificios e instalaciones a 23 KV. Esta parte del proyecto se hará a medida que la Dirección General, vaya autorizando los presupuestos correspondientes. Como primera parte se tiene el cambio de las subestaciones de los siguientes edificios: FACET, C.C. Q.Q., Derecho, Psicología.

4.2 CONSTRUCCION

Se anclarán 21 postes de concreto 13-600 en todo el perímetro de la Universidad, con un claro entre postes de 60m.

Se utilizará una estructura tipo R para hacer la conexión con la antigua línea de alimentación.

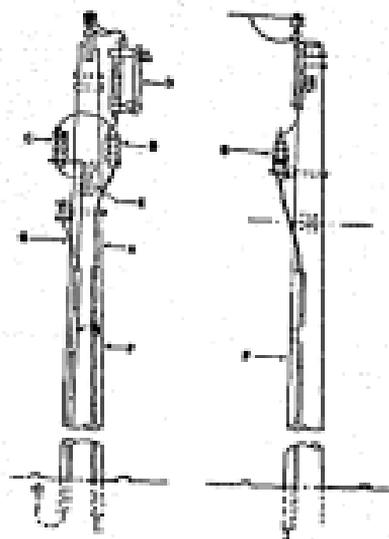
A lo largo de toda la línea serán instaladas 11 estructuras tipo "T", 2 estructuras tipo "RR", 4 estructuras tipo "TT", 3 estructuras tipo "E", 1 estructura tipo "R", y 13 retenidas tipo ancla. Ver el apéndice para detalles de las estructuras.

En los postes donde se vayan a hacer las transiciones se instalarán estructuras tipo CF, para soportar los apartarrazos y las cuchillas desconectoras.

La conexión de la línea subterránea con la línea aérea de 33 KV se hará de acuerdo con las especificaciones de C.F. E. Ver la figura 4.1.

En este punto la línea subterránea queda protegida con apartarrazo sólidamente conectados a tierra y con cuchillas fusibles. A partir de las cuchillas los cables de alta tensión bajarán dentro de un tubo conduit de 101 mm. de diámetro (4 pulg) hasta un registro en la base del poste.

Los cables de alta tensión serán puestos en ductos de asbesto-cemento de 2" de diámetro y a una profundidad de 1-m. Se construirán registros solamente en lugares donde ha-



- A) Cable
- B) Terminal del cable
- C) Apoyos
- D) Soporte de la terminal y apoyos
- E) Protección del cable
- F) Cable desnudo de tierra
- G) Verrillo de tierra

Fig. 4.1 Transición típica de un sistema subterráneo de distribución a una línea aérea.

ya cambio de dirección o donde se requiera de empalmes.

Para la canalización de la red subterránea se aprovechará al máximo la ya existente, únicamente se abrirán 450 m. de zanja y serán puestas 725 piezas de ductos, para sacar + acometidas o para acortar las distancias.

Para el cambio de subestaciones se tratará de utilizar al máximo lo ya existente, considerando que se tenga que cambiar los transformadores, los apartarrayos, las cuchillas fusibles y tal vez algunos herrajes.

Para seleccionar la capacidad de los transformadores, se tomará como base las actualmente instaladas. La protección de los transformadores contra sobrecorriente se hará por medio de de cortacircuitos-fusibles tipo expulsión, 23-KV voltaje nominal, con tensión máxima de diseño de 27 KV, tensión de flanco en seco 35 KV, tensión de flanco en húmedo 50 KV, y corriente interruptiva de 6000 A simétrica, -- 8000 A asimétrica, para la protección contra sobretensión se hará con apartarrayos autovalvulares clase 21 KV, marca-Selco.

4.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIAL

- Cable tipo ACSSR (cable de aluminio, refuerzo de acero) calibre 1/0 AWG, marca Condux, número de producto - - 260905, especificaciones ASTM-B212, C.F.E. - E6000-12.

- Poste de concreto octogonal 13-630.

- Aisladores de porcelana tipo alfiler, tensión nominal 23 KV, tensión de flanco en seco 95 KV, tensión de flanco en húmedo 60 KV; codificación C.F.E. 22A, clave 526N2B-3412, marca IUSA número de catálogo P-3040, clase masa 56-1.

- Cruceatas tipo C4T y C4R, para soportar líneas primarias de distribución, canal de 102 mm, peso aprox. 17 kgs., - marca Anvares, número de cat. AV. C101 y AV. C102 respectivamente.

- Horquilla con guardacabo para remate de conductores marca Anvares, cat. No. AV. M100 de lámina galvanizada, peso aprox. 0.610 Kgs.

- Holdura EE para remate de fase en redes, hecha de alambra galvanizada de 5 x 38 mm, peso aprox. 0.460 kg. marca Anvares, cat. no. AV. M102.

- Ojo RE para remates de líneas fabricado de sclera galvanizada de 4 x 18 mm, peso aprox. 0.560 kg, marca Amvares, cat. no. AV. 0101.

- Aislador de porcelana para retención, tensión de flanco en seco 35 KV, tensión de flanco en húmedo 18 KV, codificación C.F.E. 3 R, clave 524K341500, marca IUSA, n.º. cat. P-1353, clase nera 54-3.

- Grapa paralela para retención con cable de acero, hecha de acero galvanizado, laminado o forjado, peso aprox. - 0.630 kg, marca Amvares cat. no. AV. G122.

- Guardacabo para retención para protección de cables - en las retenciones, hecha de lámina galvanizada, peso aprox.- 0.050 kg, marca Amvares, cat. no. AV. G201.

- Arandela I AC para tornillos y pernos, hecha de placa galvanizada, marca Amvares, cat. no. AV. A134.

- Alfiler I A para soporte de aisladores, fabricado de acero forjado con dorsal de plomo, marca Amvares, cat. no. - AV. A137.

- Perno doble rosca para armar estructuras eléctricas adreas de dimensiones 16 x 457 mm. y 16 x 356 mm.

- Perno ancla 1 PA para retenidas en redes y líneas, -
de fierro redondo.

- Abrazadera U para fijación de crucetas, material re-
dondo de 5/8", designación 10.

- Tornillos de máquina hechos de fierro galvanizado,
dimensiones 16 x 254 mm, marca Avares, no. cat. AV. T112.

- Dado 4" para fijar cruceta C4T, hecha de fierro fon-
dido, designación 46, peso aprox. 3.4 kg, marca Avares, --
cat. no. AV. D046.

- Grapa perro para retenidas de cable de acero, hecha
de fierro maleable, marca Avares, cat. no. AV. G104.

- Ancla C1 la fuerza máxima de retención de esta ancla
es según el tipo de terreno; arenoso 1600 Kg, arcilloso -
2500 Kg, compacto 3500 Kg, peso aproximado 8 Kg, marca Avares,
cat. no. AV. A144.

- Cable de energía A.T. Vulcanal EP para DS, 25 KV de
tensión máxima de operación, calibre 1/0 AWG, marca Condo--
max, número de producto 310823, especificación C.P.E. E0049-
16.

Conductor compacto de aluminio, pantalla semiconductor extraída sobre el conductor, aislamiento de etileno-propileno (EP), pantalla semiconductor extraída sobre el aislamiento aplicados en un proceso de triple extrusión, pantalla electrostática a base de cobre suave, y cubierta de polícloruro de vinilo (PVC) roja.

- Terminales TMI (terminal modular interperiel), para clase de aislamiento de 25 KV, máxima tensión a tierra 16 KV, norma NOM- J-199 - 1978 (IEEE-48-1975) para clase 2, -- marca INDAEL, con orden de pedido TMI-2-25-1/0 AWG Al.

- Bagalas CPM (cable con pantalla metálica) y TCPM -- (para derivaciones en T), clase de aislamiento 25 KV, de acuerdo a normas NOM-J-199-1978 y la IEEE-404-1977, marca INDAEL, bajo pedido CPM 1 x 1/0 AWG, Al, 25 KV y TCPM 1 x 1/0 AWG-1 x 1/0 AWG- Al, 25 KV.

- Ductos de asbesto-cemento de 50 mm (2" de diámetro y 90 cm. de largo.

- Registros se construirán de acuerdo a las especificaciones de C.F.E., para distribución subterránea tanto los registros para alojar equipo de desconexión como los registros de paso.

- Cortacircuitos fusibles marca SIMEC, tipo SMD-20, para 25 KV, 200 A continuos y 500 KVA de capacidad interruptiva, con aislador sencillo, no. de cat. 92123, con fusible de ácido bórico.

- Apartarreyo autovalvular, distribución serie "B", para 5000 A, voltaje nominal 21 KV, clase AB-21, marca Coleco.

- Tubo conduit galvanizado de 10 cm (4") de diámetro - con cople.

- Curva galvanizada de 10 cm (4") de diámetro a 90°.

- Guarda náquera para hilo de tierra.

- Sistema de tierra con cable de cobre desnudo calibre 2 AWG, marca Condux, formado de 7 hilos, número de producto 020024; varilla Copper-Weld de 3 m. de longitud, peso aproximado 4 kg., marca Anvares, cat. no. KV. V15-3000. Para obtener 10 ohms máximo en tiempo húmedo y 20 ohms en tiempo de estiaje.

- Transformadores trifásicos clase de aislamiento 25 KV, tipo poste, de las siguientes capacidades 45, 75, 112.5 y 150 KVA, para 23 KV/220/127 volta, conexión delta-estrella, con 4 derivaciones al 2.5%, dos arriba y dos abajo de-

la tensión nominal de alta tensión, marca IEM.

- Transformadores trifásicos clase de aislamiento 25 KV, tipo estación, de las siguientes capacidades 225 y 300 KVA, voltaje de operación 23 KV/220/127 volts, conexión -- delta-estrella, con 4 derivaciones al 2.5%, dos arriba y - dos abajo de la tensión nominal de alta tensión, marca IEM.

NOTA: Para ver los detalles de especificación, del material y equipo, vea el apéndice.

CAPÍTULO V

MANTENIMIENTO AL SISTEMA

5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRANSFORMADORES

El transformador es un equipo eléctrico del cual a menudo se abusa por descuido o desconocimiento; con sobrecargas continuas, protecciones inadecuadas y un pobre mantenimiento. Estos abusos se cometen a título de que el transformador es un aparato estático, construido robustamente, por lo que sus posibilidades de falla son mínimas. Sin embargo, tales abusos se reflejan en una disminución considerable en la vida útil del aparato. En este capítulo se mencionan - - prácticas de cómo mantener y dar servicio al transformador y a sus partes, los tipos de falla más comunes, su manifestación general y secuencia de operaciones que permitan al personal de mantenimiento, evitar o detectar dichas fallas.

Inspección periódica

Es recomendable una inspección visual periódica de las partes externas del transformador, cada 2 años. Los puntos de dicha inspección son:

- 1) Soquillas de alta tensión
- 2) Soquillas de baja tensión y cables conductores
- 3) Apartarrayos y accesorios
- 4) Acabado del tanque
- 5) Fugas

- 6) Carga
- 7) Empeques (boquillas, tapa tanque, registros de mano)
- 8) Válvula de muestreo (si lleva la unidad)

Si el tanque muestra evidencia de deterioro de la pintura, el área afectada puede limpiarse con cepillo de alambre y retocarse con una capa de pintura. Cuando se encuentre algún daño en el transformador y éste no puede ser reparado en el campo, debe enviarse al taller de servicio. Al enviar el transformador al taller de servicio por cualquier motivo, es recomendable hacer una inspección cuidadosa de todas sus partes, para así, en un mismo servicio hacer todas las reparaciones necesarias o reposición de partes desgastadas prematuramente. Se recomienda tomar en cuenta estos puntos:

- Pintar el tanque
- Cambiar empaques, en especial los de la cubierta y tapa de registro
- Revisar nivel y estado del aceite
- Revisar hermeticidad y reapriete de tornillos

Transformadores con humedad en sus aislamientos

La humedad es el agente destructor de mayor grado en un transformador.

Si hay cualquier evidencia de penetración de humedad a la unidad, debe drenarse el aceite; el núcleo y las bobinas secarse en el horno o en algún otro medio adecuado y aceptado para esta necesidad, dependiendo de las dimensiones del transformador. Una vez hecho el secado, la unidad debe llenarse con aceite previamente tratado.

Para el llenado, es recomendable un tratamiento de vacío o un proceso similar; esto asegura condiciones de calidad óptima.

Al probar el transformador al entrar y salir del servicio de reparación, la tensión de prueba utilizada no debe exceder el 75% de los valores de prueba de fábrica (consultar normas nacionales y/o internacionales de reparación de transformadores).

Corto circuito en espiras

Este tipo de fallas son el resultado de aislamientos que pierden sus características por exceso de humedad, so-

recalentamientos continuos, exceso de tensión, etc.

Estas fallas tardan en poner fuera de servicio al --- transformador y se manifiestan por un devanado regular, excepto en el punto de falla. La ionización degrada al aceite y a los aislamientos y presenta después de la falla un posible "abombamiento" en el tanque.

Sobretensiones por descargas atmosféricas

Para prevenir este tipo de falla, se recomienda el uso de apartarrayos lo más cercano al transformador. Esta distancia no debe ser mayor de un metro, entre los centros de la boquilla y el apartarrayo.

En caso de que la sobretensión resultante por las descargas atmosféricas rebese los límites de nivel de impulso del transformador, el devanado sujeto a este esfuerzo fallará.

La manifestación de este tipo de fallas, con bobinas deterioradas en el inicio del devanado y tienen una similitud a la falla entre espiras.

Sobretensiones por transitorios

Este tipo de sobretensiones son producidas por falsas operaciones de cierre o por puesta de servicio y desconexión de bancos de capacitores, etc. Las sobretensiones que se producen, son del orden de hasta dos veces la tensión de operación. Su daño es a largo plazo y en ocasiones se confunde con una falla de corto circuito entre espiras.

Sobrecargas

El transformador debe estar diseñado para soportar sobrecargas de acuerdo a la norma ANSI C-57.91. En caso de que estas excedan los valores de diseño de norma, el transformador tendrá un envejecimiento acelerado a los aislamientos y posteriormente una falla entre espiras.

Las características de esta falla, son: un envejecimiento total de todos los aislamientos internos del transformador, el papel y cartón quebradizo y con un color oscuro intenso.

Conclusiones

Para evitar daños causados por parámetros eléctricos excesivos (corriente o tensión), todo transformador debe de

contar con protecciones que aislen al aparato o al sistema de distribución de estos fenómenos.

Por lo anterior expuesto, se recomienda proteger con los siguientes elementos:

- Apartarrayos, uno en cada fase
- Fusible limitador de corriente en el lado primario del transformador
- Interruptor o limitador de corriente en el lado secundario del transformador, lo más cercano a éste.

Aceite

El aceite para transformadores debe tener una tensión mínima de ruptura dieléctrica de 23 KV, al ser analizado -- con un probador de discos de 3.54 cm con una separación de 0.254 cm. Si los valores resultantes son menores a lo estipulado, el aceite debe filtrarse o reemplazarse.

En el llenado del tanque con el aceite, debe dejarse una cámara con aire. Para comprobar que esta cámara es la correcta, el tanque posee una marca en el interior donde se señala la altura del nivel de aceite para el óptimo funcionamiento del transformador.

Españes

Si fuera indispensable mover la cubierta, tapa o registro de mano, se debe prever un cambio de españes para reemplazar los anteriores, evitando que éstos al instalarse -- sean sometidos a esfuerzos que los dañen permanentemente, -- así como asegurarse que la tensión del apriete mecánico forme un sello efectivo.

Tanque

El tanque debe estar limpio, sus juntas no deben presentar signos de envejecimiento y se debe corregir de inmediato cualquier fuga.

Se debe revisar que no existan rastros de carbón en el interior del tanque y tampoco señales de "abombamiento". Si se nota la existencia de alguno de estos fenómenos, no se debe de reconectar el transformador hasta determinar las -- causas que lo han originado.

5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA TRANSFORMADORES

Las fallas que pueden ocurrir a un transformador pueden clasificarse como sigue:

- a) Deterioro del aceite
- b) Fallas en el equipo auxiliar
- c) Fallas en el devanado

Deterioro del aceite

El aceite aislante se deteriora por la acción de la -- humedad y del oxígeno, por la presencia de catalizadores -- (cobre) y por la temperatura.

La combinación de estos elementos produce una acción química en el aceite, la cual da como resultado la generación de ácidos que atacan a los aislamientos y a las partes mecánicas del transformador. De esta acción química, resultan los lodos que se precipitan en el transformador y que impiden disipación del calor, acelerando por lo tanto, el envejecimiento de los aislamientos y, por ende del transformador.

La humedad presente en el aceite puede originarse por el aire que entra en el transformador en operación a través

de sus juntas y grietas en el tanque. También se genera por descomposición propia del aceite y de los aislamientos.

El contenido de agua en el aceite, se define en partes por millón (ppm), 10,000 partes por millón, equivalen al 1% de humedad en el aceite.

Se dice que el aceite está en equilibrio, cuando su contenido de humedad es igual a 40 ppm. Bajo esta condición, ni el aceite cede su humedad a los aislamientos, ni éstos las ceden al aceite.

Al romperse la condición de equilibrio, es decir, al aumentar el valor de contenido de humedad en el aceite, se obtienen los siguientes resultados:

1) El aceite cede su humedad a los aislamientos, lo cual da por resultado que se incremente su valor de factor de potencia y sus pérdidas, lo que se traduce en envejecimiento acelerado y una reducción de su vida útil.

2) El incremento de humedad del aceite da por resultado una disminución del valor de tensión de ruptura o rigidez dieléctrica. Con un contenido de agua de 60 ppm, el valor de rigidez dieléctrica se disminuye en un 13%.

El aceite se satura cuando su contenido de humedad es de 100 ppm (0.01%). Bajo esta situación, cualquier adición en humedad será absorbida por los materiales fibrosos del transformador como son: cartones, papeles aislantes y maderas.

De lo antes expuesto, se concluye que en la inspección de un aceite aislante se deben analizar cuando menos los siguientes datos:

- Contenido de humedad
- Acidez
- Rigidez dieléctrica
- Factor de potencia
- Presencia de lodos

Un aceite contaminado es aquel que presenta los siguientes valores:

- Contenido de humedad igual o mayor de 80 ppm
- Acidez igual o mayor que 0.2 mg del número de neutralización de la potasa cáustica.
- Rigidez dieléctrica, menor a 21 KV
- Se reporta presencia de lodos

Bajo tal condición de contaminación, es recomendable - sustituir el aceite, para lo cual se debe disponer lo siguiente:

- a) Sacar la parte viva
- b) Drenar el aceite
- c) Limpiar el tanque en su interior
- d) Limpiar la parte viva y secarla
- e) Sellar y llenar en vacío, con aceite nuevo
- f) Probar hermeticidad

Fallas en el equipo auxiliar

Al probar un nuevo circuito eléctrico y detectar la existencia de un problema en él, la primera impresión de muchos electricistas es de que en el transformador está la falla y se destina gran cantidad de recursos en revisarlo una y otra vez. El resultado posterior a estas revisiones indicó que el transformador estaba correcto y la falla se encontraba en otro lugar, por ejemplo: en el equipo auxiliar de protección (apartarrayones, mala selección del fusible, etc.) de medición o en la red secundaria.

Recomendaciones: antes de instalar los componentes de un circuito de distribución de energía, se deben de revisar y de ser posible probar antes de su instalación. Posterior-

mento, con una lista de revisión se certifica, punto por punto, la calidad de los mismos.

Los aisladores o boquillas deben estar limpios y al enor signo de deterioro deben reponerse.

Fallas en los devanados

Este tipo de fallas pueden ser ocasionados por:

- a) Falsos contactos
- b) Corto circuito externo
- c) Corto circuito entre espiras
- d) Sobretensiones por descargas atmosféricas
- e) Fallas en el equipo auxiliar
- f) Sobretensiones por transitorios
- g) Sobrecargas

Falsos contactos

Los falsos contactos originan una resistencia mayor al paso de la corriente produciéndose puntos calientes o hasta pequeños arcos. Este tipo de fallas deterioran el aisla-miento y contaminan el aceite produciendo gasificación, car-bón y hasta "abombamiento" del transformador.

Estas fallas se manifiestan en forma de: presencia de carbón en las terminales, terminales carbonizadas, o una colgación intensa en los aislamientos.

Como los falsos contactos se originan por terminales - sucias es recomendable apretar periódicamente las terminales externas e internas del transformador.

Corte circuito externo

Esta falla es producida por un corte circuito externo al transformador del lado de baja. Los transformadores deben estar diseñados y probados para soportar cortos circuitos de acuerdo a la norma ANSI C-37.13.90. Sin embargo, si la intensidad o duración son mayores debido a una protección insuficiente, podrán ocasionarse daños en el transformador.

La alta corriente que circula durante el corto, se traduce en esfuerzos mecánicos que pueden distorsionar los devanados y hasta lo sacan de su posición. Si el corto es intenso y prolongado, su efecto se reflejará en una degradación del aceite, sobre presión arcoses y posteriormente - - abombamiento^o del tanque.

Después de una falla de este tipo y antes de poner en-

servicio el transformador, se debe tener la certeza de que se ha eliminado el corto y revisar exhaustivamente el transformador, para determinar si está o no dañado.

5.3 RECEPCION DE TRANSFORMADORES

Cuando se va a recibir un transformador por primera vez, se debe de examinar cuidadosamente para detectar cualquier daño posible.

Para facilitar la inspección, se proporciona a continuación una lista de los elementos más importantes a ser revisados:

1.- Capacidad del transformador; marcada o indicada en una de las caras del transformador, la cual debe coincidir con la capacidad gravada en la placa de características.

2.- Los datos en la placa de características deben coincidir con los datos de remisión, y con la descripción del transformador:

- Capacidad
- Fases
- Tensión primaria

- Tensión secundaria
- Conexión
- Frecuencia

3.- Verificar que no existan fugas de aceite en los --
empaques o en los conectores de las boquillas de alta o ba-
ja tensión.

4.- Cerciorarse que los conectores de las boquillas de
alta y baja tensión tengan sus pernos de ojo y que se encuen-
tren completamente apretados.

5.- Verificar que no haya fugas o manchas de aceite en
las uniones del tanque y en los cordones de soldadura.

6.- Revisar que no existan fugas o manchas de aceite -
en los empaques de la tapa y en registro de mano o registro
de inspección.

7.- Revisar que las boquillas de alta y baja tensión -
se encuentren en buen estado y no presenten roturas o des--
postilladuras.

8.- Revisar que los radiadores no presenten golpes o -
abolladuras, ya que esto puede provocar fugas de aceite o -
la obstrucción de la circulación de aceite, función indis--

pensable para un enfriamiento adecuado.

9.- Revisar las conexiones a tierra; éstas se encuentran localizadas, una debajo de las boquillas de baja y otra en la parte inferior del tanque y deberán tener sus respectivas sujeción.

10.- Revisar que no existan fugas o manchas de aceite en la válvula de drenaje o muestreo (si están incluidas en el modelo).

11.- Verificar que la identificación de las boquillas de alta y baja tensión esté claramente impresa.

5.4 INSTALACION

Una vez realizada la inspección, indicada anteriormente, los transformadores de distribución pueden ser energizados con toda confianza, siempre y cuando no se tenga ningún daño de los que se describieron anteriormente.

Antes de conectar el transformador es importante conocer algunas características importantes para su instalación.

1.- Placa de datos o placa de características, median-

te la cual el transformador se identifica:

- Diagramas de conexiones eléctricas
- Marco del transformador
- Capacidad en KVA
- Número de fases
- Tensiones nominales de alta y baja tensión
- Tensiones derivadas
- Frecuencia
- Polaridad
- Cociente de impedancia
- Elevación de temperatura
- Clase de aislamiento
- Número de serie
- Diagrama vectorial
- Peso aproximado

3.- Sistema de enfriamiento, los transformadores de distribución, generalmente son autoenfriados, esto es, dependen del aire que los rodea para disipar el calor generado en la transformación.

En caso de que se requiera instalar el transformador en el interior se recomienda lo siguiente:

- El recinto debe estar ventilado, de tal forma que el

aire caliente escape y pueda ser reemplazado por aire nuevo y frío.

- Deben de existir ventilas en la habitación.

- La ventila debe estar localizada tan alto como el techo lo permita.

- El número y tamaño de las ventilas depende de la eficiencia y carga de los transformadores. Se recomiendan 6 m^2 de ventila por cada 1000 KVA.

- Los transformadores autoenfriados para servicio integral no deben estar expuestos al agua o a la lluvia.

- Los transformadores deberán contar para su ventilación con una separación entre las paredes adyacentes a los tanques no menor de .80 m.

3.- Sistema de tierras, los transformadores deben estar permanentemente conectados a tierra, para evitar tensiones inducidas. Los sistemas de tierras deben ser de acuerdo a las buenas prácticas de cada región.

1.5 OPERACION

La función del transformador empieza cuando el resultado de su transformación es empleada para el usuario. Para ello ya fue asegurada su confiabilidad en cada etapa hasta llegar al punto de su instalación, con suficiente espacio para su ventilación, protegido contra sobrecargas y sobretensiones por medio de dispositivos de protección adecuados. Si no se descuida su mantenimiento, se obtendrá un servicio confiable y continuo por muchos años.

El cambiador de derivaciones debe operarse girando la manija hasta que el indicador esté sobre la posición deseada, indicando así la tensión de operación que se requiere.-

Al girar la manija del cambiador en el sentido de las manecillas del reloj, se incrementará la tensión en el lado de baja. Para reducir la tensión en el lado secundario, la manija del cambiador se deberá de girar en contra de las manecillas del reloj.

Precauciones

1.- No energizar el transformador cuando se tenga bajo nivel de aceite.

2.- Para evitar la entrada de humedad, no se debe abrir el registro de mano o la tapa del transformador en ambiente con alto porcentaje de la misma, al cerrarlo se debe tener especial cuidado de colocar los espáques en su correcta posición.

3.- No hacer cambios de derivaciones con el transformador energizado.

4.- Cuando un aislador esté fracturado, se deberá reemplazar inmediatamente.

5.- Tome las medidas de seguridad al acercarse a un transformador desenergizado previamente, donde la conexión a tierra esté abierta o simplemente no está conectada.

6.- Nunca opere un transformador sin ser revisado -- cuando existan señales de falla interna, por ejemplo: abombamiento del tanque, fuga de aceites en exceso por la tapa, fuga de aceite por la válvula de sobrepresión, etc.

El mantenimiento preventivo que se les puede dar a las demás partes del sistema (red aérea y subterránea) es mínimo, más bien sería un mantenimiento de tipo correctivo si llegara a darse el caso de alguna falla.

5.4 PRUEBAS A QUE SE SOMETEN LOS TRANSFORMADORES

Para conocer el estado de sus componentes y poder tomar decisiones oportunas que garanticen la continuidad de servicio de las instalaciones, es preciso someter a los transformadores a programas de mantenimiento.

Las pruebas que deben efectuarse son las siguientes:

1. Pruebas al aceite
2. Pruebas del aislamiento
3. Pruebas a los devanados.

Pruebas al aceite

Las pruebas más comunes que proporcionan elementos de juicio más certeros por lo que al aceite se refiere son:

- Pruebas de rigidez dieléctrica
- Número de neutralización
- De acidez
- De compuestos polares
- De factor de potencia
- De envejecimiento
- De contenido de agua
- De tensión superficial
- De color

Pruebas al aislamiento

Esta prueba se debe hacer una vez al año, mediante las siguientes pruebas:

- De rigidez dieléctrica
- De aislamiento entre el devanado de alta tensión contra el de baja tensión.
- De aislamiento entre el tanque contra tierra
- De aislamiento entre el devanado de alta tensión contra tanque y tierra.
- Determinación del factor de disipación
- Factor de absorción
- Prueba del nivel de aislamiento (Mil).

Las pruebas de los aislamientos se realizan utilizando un MEGGER y bajo ciertas indicaciones que es conveniente -- cumplir cuando se va a hacer este tipo de prueba.

Pruebas a los devanados

Estas pruebas se ejecutan para conocer el estado físico, y los datos suficientes para utilizar correctamente los transformadores.

Algunas de estas pruebas se mencionan a continuación:

- De continuidad de los devanados
- De resistencia óhmica de los devanados
- De pérdidas en el fierro y en el cobre
- De relación de transformación
- De secuencia de fases

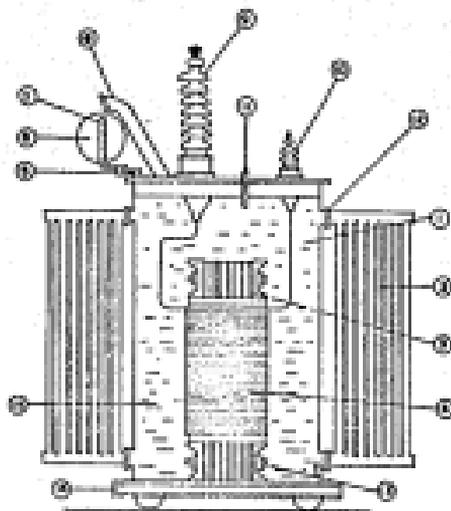
La prueba para determinar la continuidad de los devanados se desarrolla con el transformador desenergizado y utilizando una lámpara serie con cada una de las fases.

La medición de la resistencia óhmica de los devanados se hace por medio del puente de Kelvin.

Para la determinación de las pérdidas en el fierro y en el cobre, es necesario efectuar en el transformador la prueba en vacío y la prueba de corto circuito.

Para hacer la prueba de relación de transformación, se emplea un T.T.R. (Test Turn Ratio).

La prueba para la determinación de la secuencia de fases en un transformador se obtiene por medio de un secuenciómetro. Esta prueba es simple y de los resultados que reporte dependerá la forma de conectar las terminales del transformador.



PARTES ESENCIALES DEL TRANSFORMADOR

1. Tanque
2. Tybón rodadores.
3. Nucleo (circuito magnético).
4. Devanados.
5. Red de protección Buchholz.
6. Tanque conservador (8 a 10 % del volumen del tanque).
7. Indicador del aceite.
8. Tubo de escape en caso de explosión.
9. 10. Bujías o soldaduras de potencia.
11. Termómetro.
12. Conexión de los tubos radiadores al tanque.
13. Tornillos aprietares para dar rigidez al núcleo.
14. Base de volios.
15. Refrigeración.

CONCLUSIONES

Este proyecto nace de la necesidad de dar solución al problema de las continuas fallas de energía eléctrica ocasionadas por el deterioro de la red de alta tensión, dentro de la Universidad Autónoma de Guadalajara, problema que viene afectando las actividades normales de trabajo en diferentes sectores de la Universidad.

Para dar solución a este problema, se plantearon varias alternativas, llegando a la conclusión que la más conveniente era el cambio del actual sistema de distribución de energía eléctrica de 4160 V a 33 KV.

Las ventajas que se tendrán serán:

1. Mejor calidad en el servicio.
2. Una red de distribución en alta tensión más confiable.
3. Posibilidades de cubrir demandas futuras.

Aunque la ejecución de este proyecto se irá realizando en varias etapas, espero que el presente trabajo sea de utilidad al Departamento de Equipos y Líneas Especiales de la U.A.G.

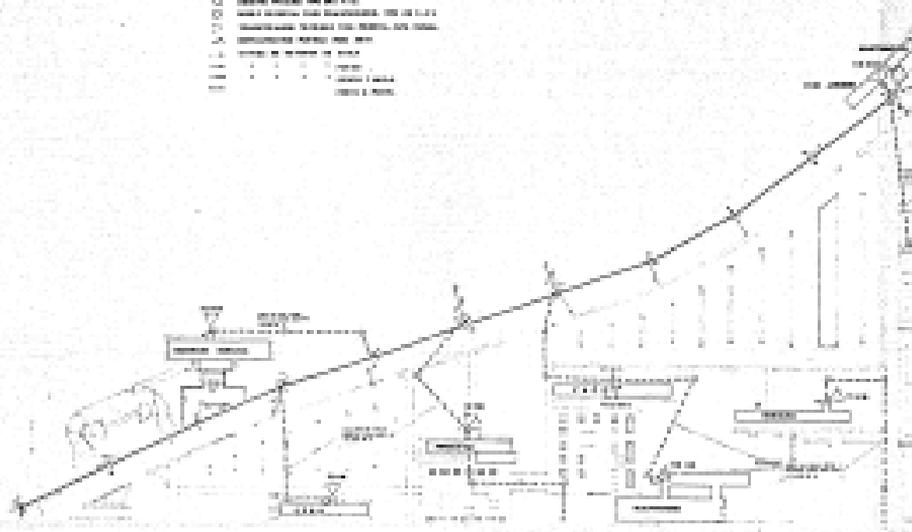
BIBLIOGRAFIA

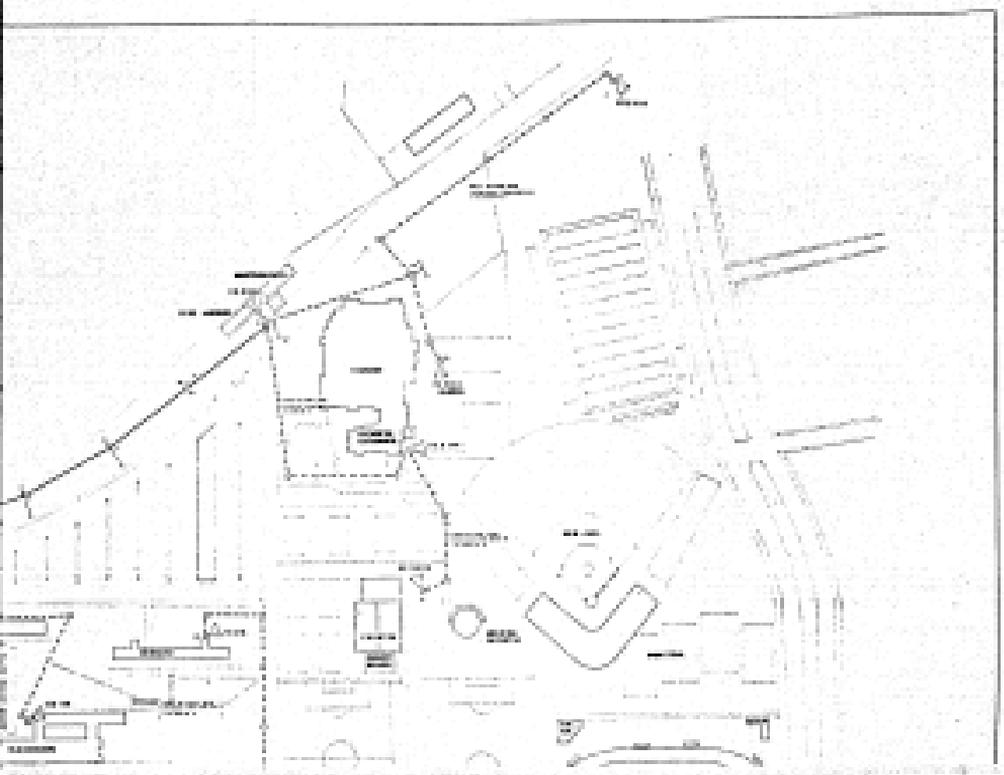
- Jacinto Viguerra Landa, Redes Eléctricas, vol. I y II. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. 1970.
- Gilberto Enriquez Harper, Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica, vol. I y II. Limusa, 1986.
- Condux, Manual Técnico de Cables de Energía, Mc Graw Hill, 1984.
- C.F.E., Normas para Sistemas de Distribución Subterránea, 1975.
- C.F.E., Normas de Distribución, 1973.
- C.F.E., Procedimiento para Coordinación de Protecciones de Sobrecorriente en Sistemas de Distribución, 1983.
- Rafael Guerrero C., Cálculo de Fallas en Sistemas de Potencia, 1978.
- Robert C. Rossler, Manual de Mantenimiento Industrial, Tomo I, Mc Graw Hill, 1987.
- I.F.M., Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, 1985.
- Néctor Pacheco Valencia, Transformadores, EP, 1984.

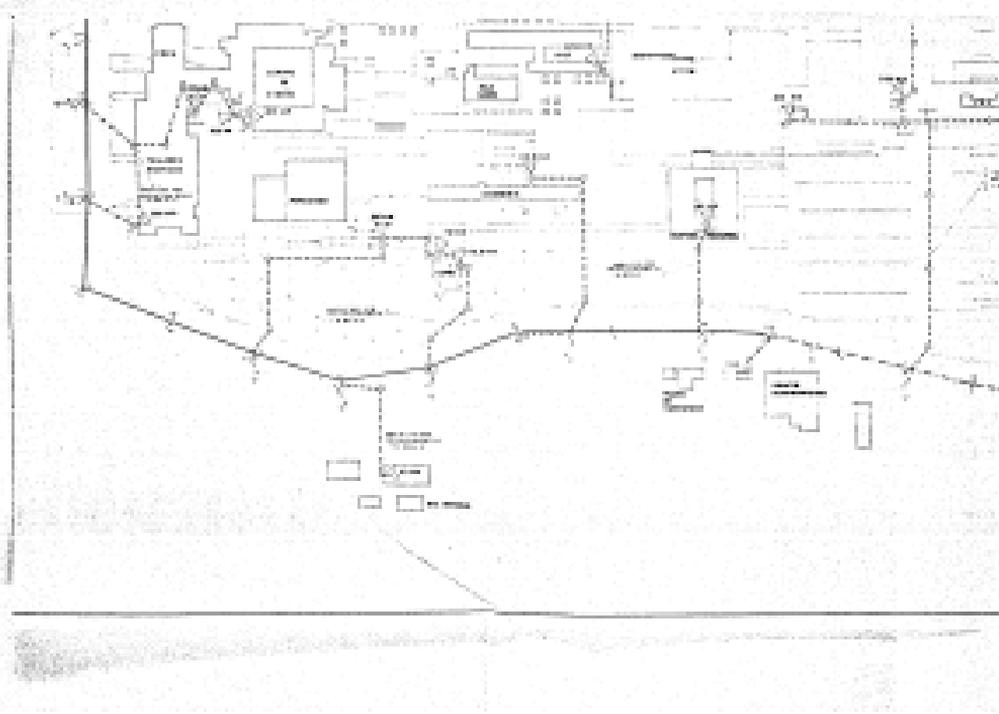
A P P E N D I X

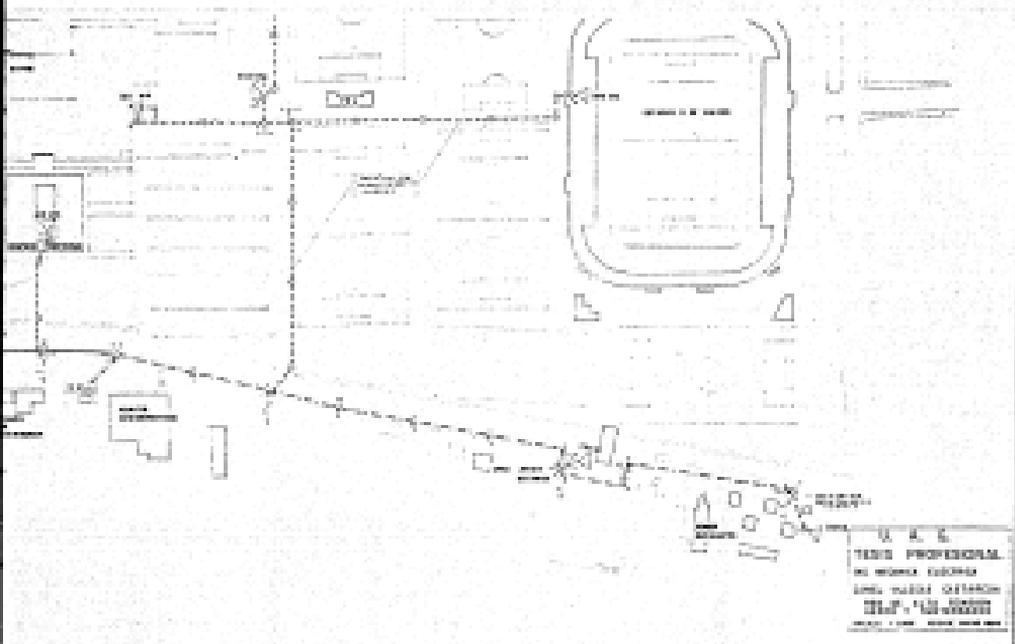
CONSTRUCTION, GENERALIZATION

- 1. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 2. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 3. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 4. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 5. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 6. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 7. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 8. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 9. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 10. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 11. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 12. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 13. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 14. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 15. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 16. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 17. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 18. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 19. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 20. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 21. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 22. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 23. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 24. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 25. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 26. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 27. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 28. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 29. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 30. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 31. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 32. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 33. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 34. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 35. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 36. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 37. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 38. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 39. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 40. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 41. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 42. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 43. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 44. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 45. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 46. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 47. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 48. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 49. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 50. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 51. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 52. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 53. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 54. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 55. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 56. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 57. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 58. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 59. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 60. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 61. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 62. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 63. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 64. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 65. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 66. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 67. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 68. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 69. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 70. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 71. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 72. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 73. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 74. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 75. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 76. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 77. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 78. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 79. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 80. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 81. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 82. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 83. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 84. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 85. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 86. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 87. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 88. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 89. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 90. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 91. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 92. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 93. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 94. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 95. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 96. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 97. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 98. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 99. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE
- 100. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE









THIS PROJECT IS
 THE PROPERTY OF
 THE U.S. GOVERNMENT
 AND IS NOT TO BE
 REPRODUCED OR
 TRANSMITTED IN ANY
 FORM OR BY ANY
 MEANS, ELECTRONIC OR
 MECHANICAL, INCLUDING
 PHOTOCOPYING, RECORDING,
 OR BY ANY INFORMATION
 STORAGE AND RETRIEVAL
 SYSTEM, WITHOUT PERMISSION
 IN WRITING FROM THE
 U.S. GOVERNMENT

FIGURE 24. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW

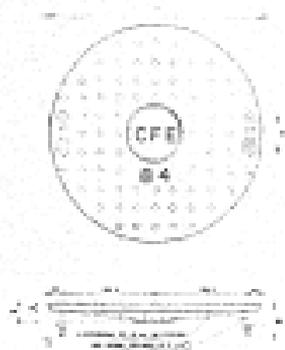


FIGURE 24. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW
 DIMENSIONS IN MILLIMETERS
 DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)

FIGURE 25. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW (C) TOP VIEW (D) BOTTOM VIEW

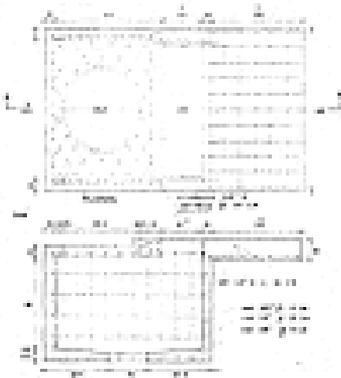


FIGURE 25. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW (C) TOP VIEW (D) BOTTOM VIEW
 DIMENSIONS IN MILLIMETERS
 DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)

FIGURE 26

1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (IN PARENTHESES)
2. DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)
3. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (IN PARENTHESES)
4. DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)
5. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (IN PARENTHESES)
6. DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)
7. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (IN PARENTHESES)
8. DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)
9. DIMENSIONS IN MILLIMETERS (IN PARENTHESES)
10. DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)

FIGURE 27. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW (C) TOP VIEW (D) BOTTOM VIEW

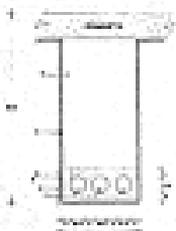


FIGURE 27. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW (C) TOP VIEW (D) BOTTOM VIEW
 DIMENSIONS IN MILLIMETERS
 DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES)

FIGURE 28. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW (C) TOP VIEW (D) BOTTOM VIEW

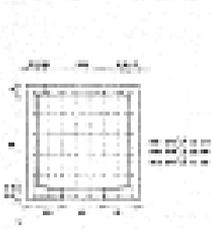
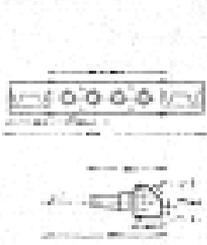
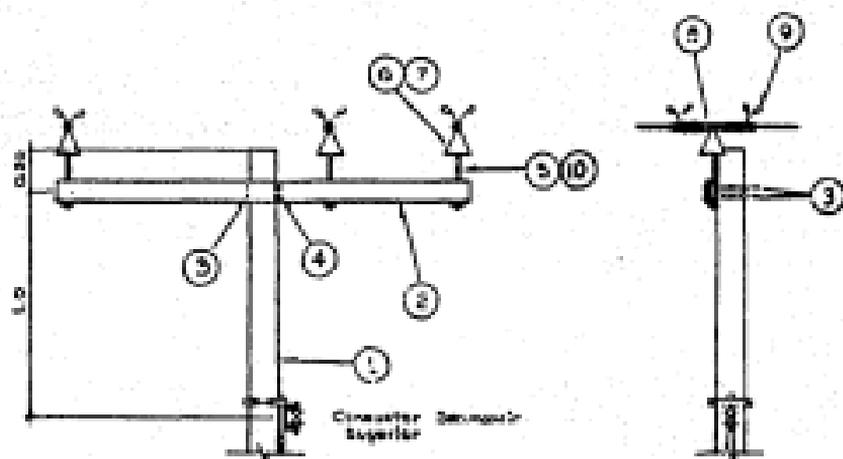
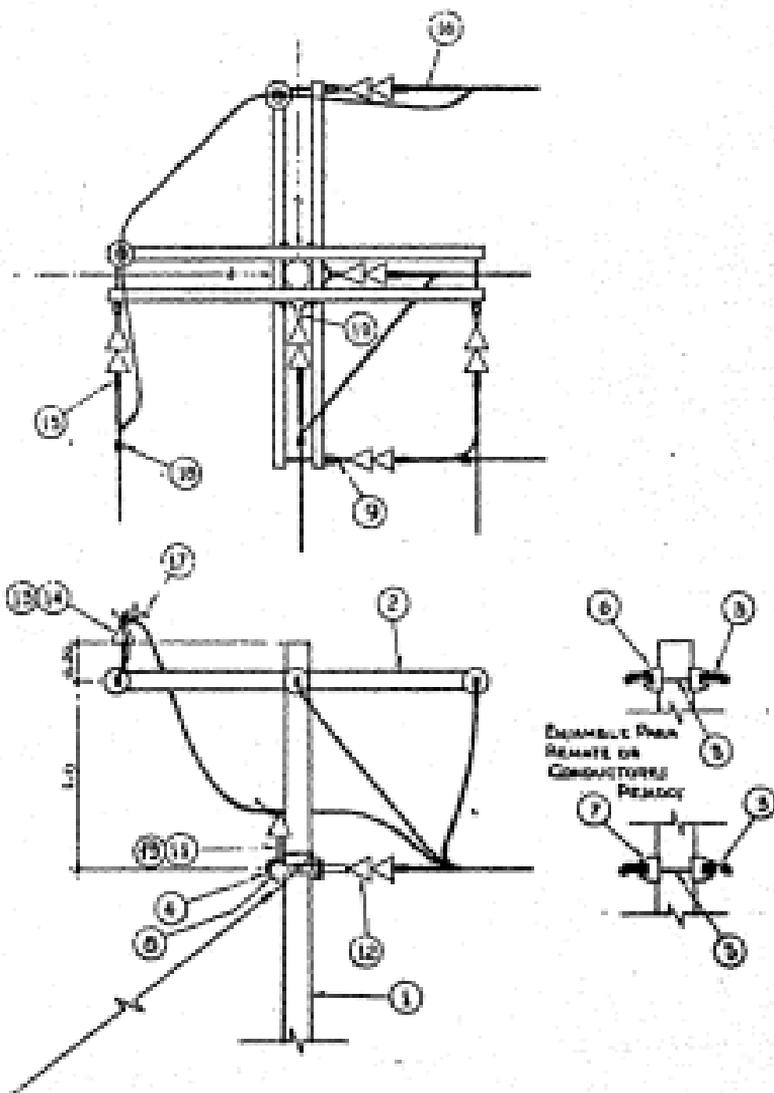


FIGURE 29. (A) FRONT VIEW (B) SIDE VIEW (C) TOP VIEW (D) BOTTOM VIEW

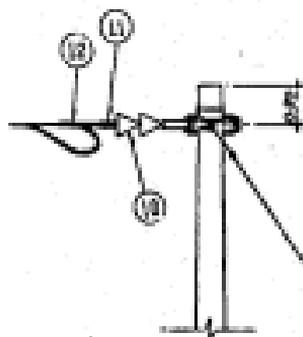
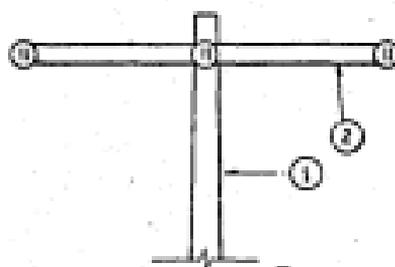
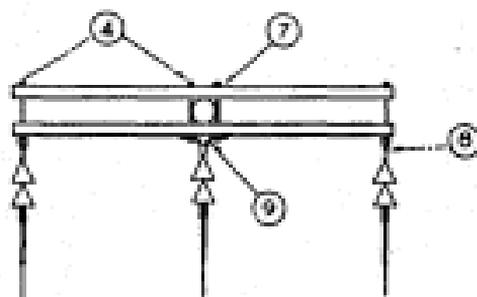




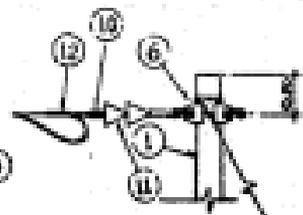
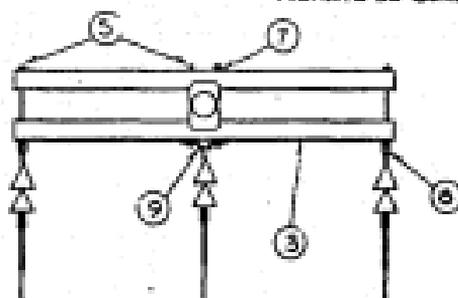
ACOTACIONES EN METROS



ACOTACIONES DE METROS

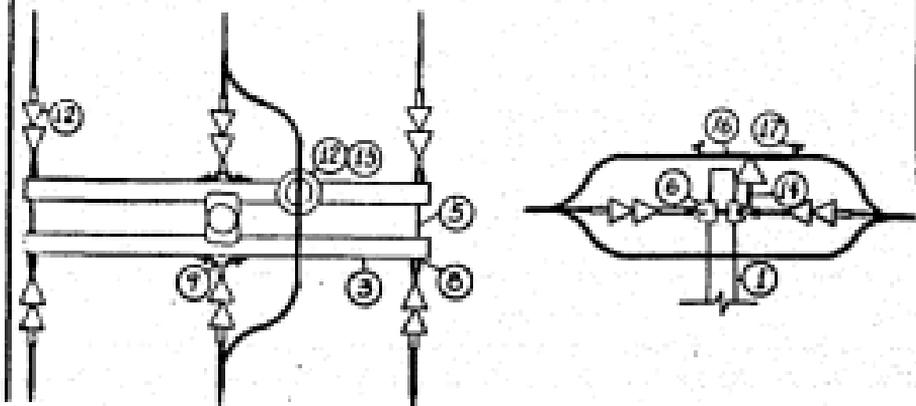
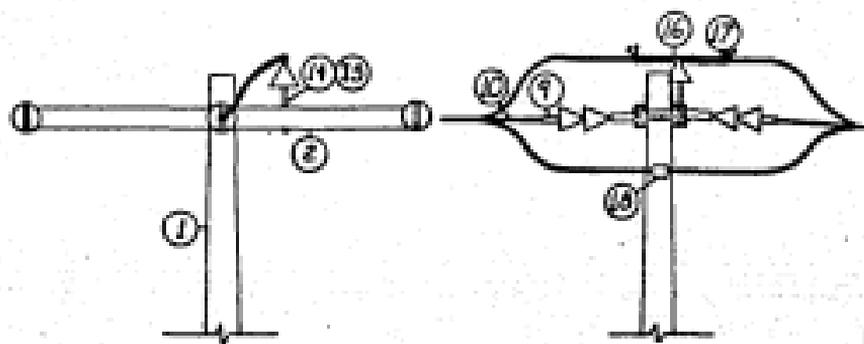
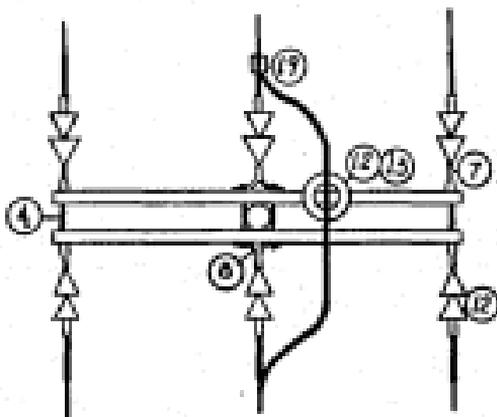


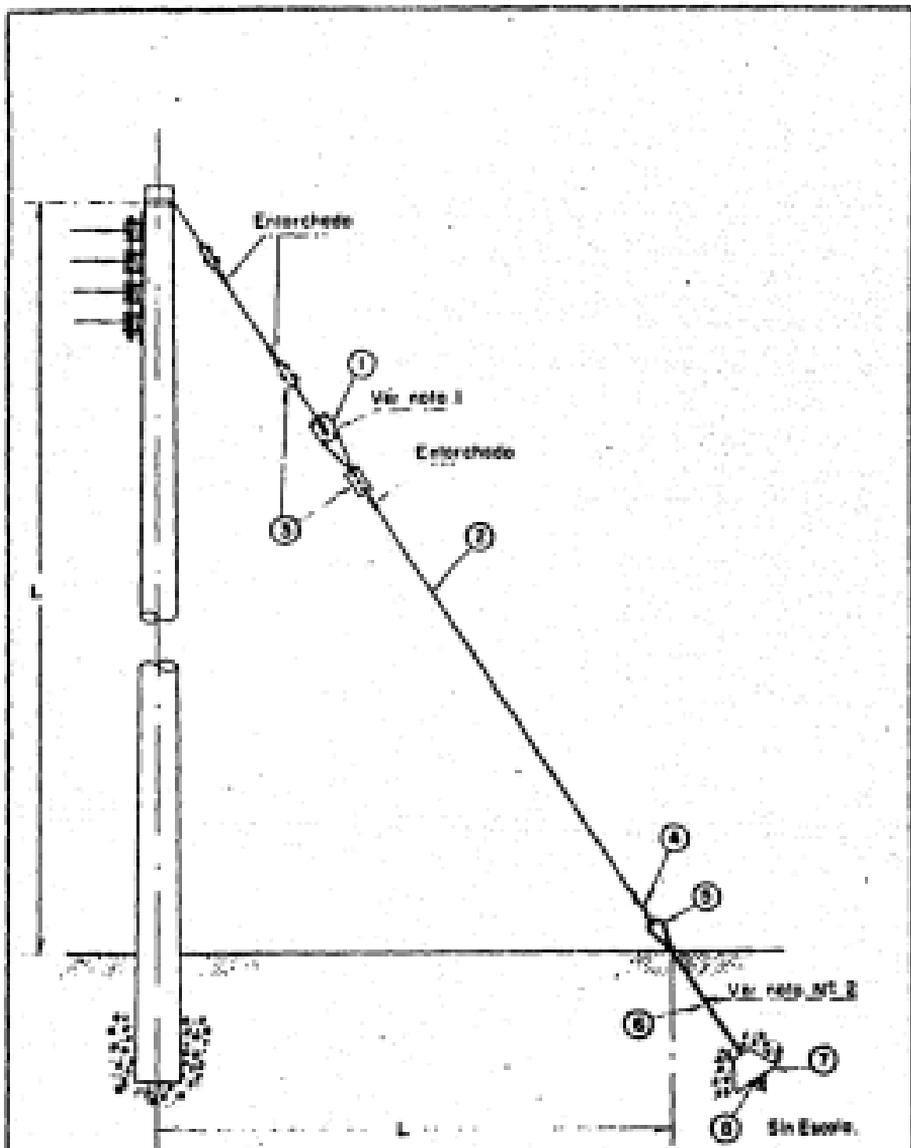
REMATE DE CONDUCTOR LIVIANO



REMATE DE CONDUCTOR PEJADO

ACOTACIONES EN METROS

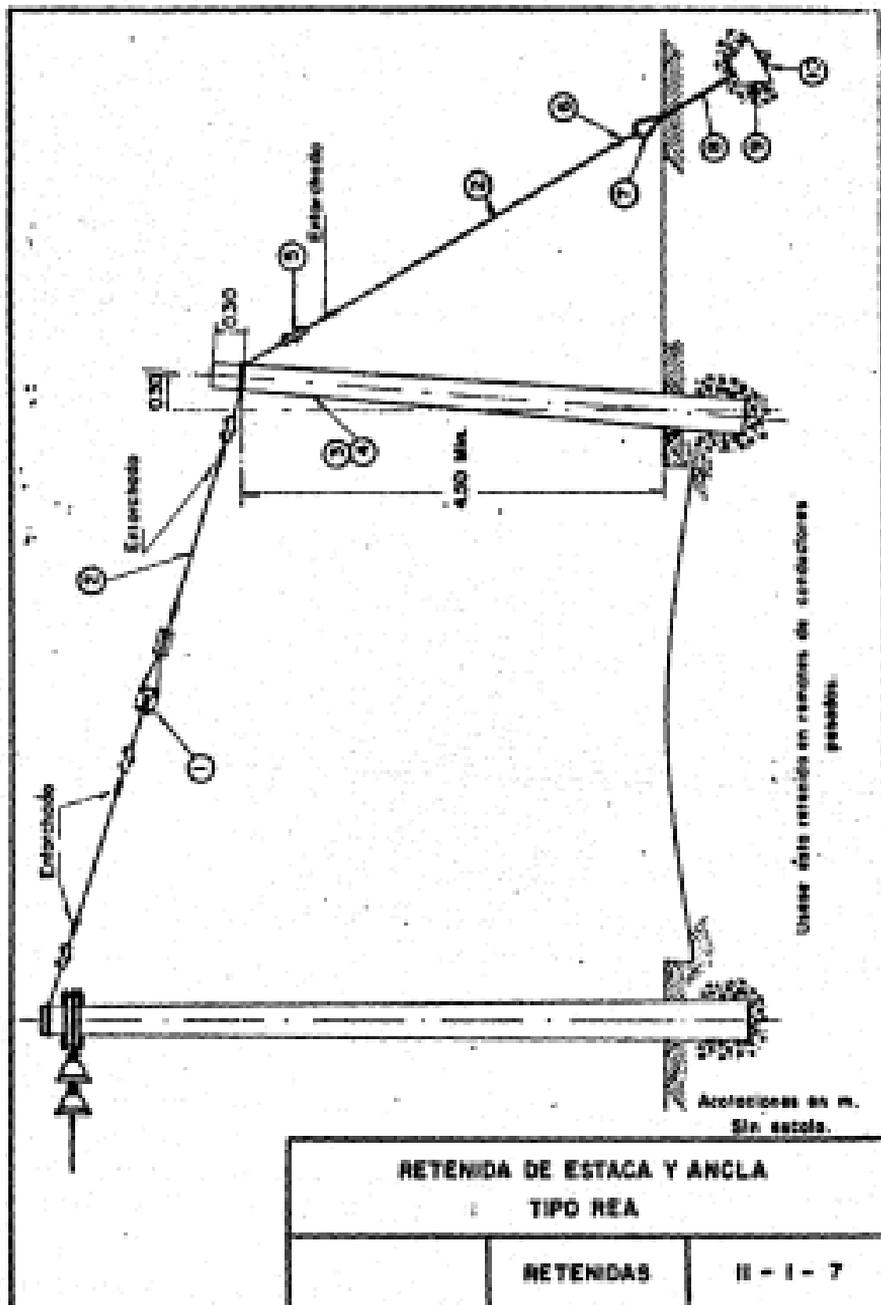




RETENIDA DE ANCLA
TIPO RA

RETENIDAS

11 - 1 - 2

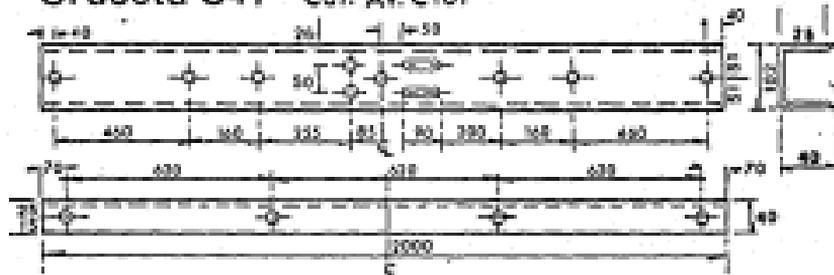


Usar ésta retención en regiones de cordilleras
pasadas.

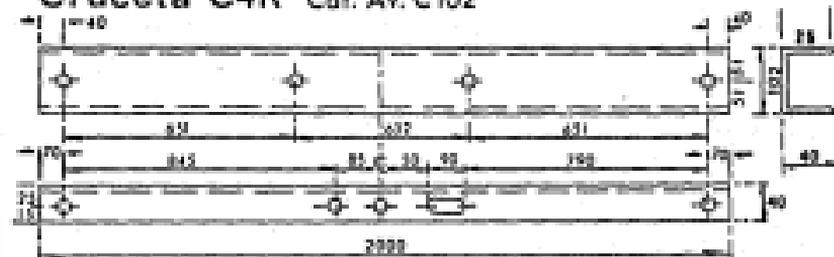
LISTA DE MATERIALES PARA RETENIDAS				C. F. E.
Fuente Nº	M.N.	DESCRIPCION:	Cantidad	Clave de Producto
1	06-3	Anclador para retención 3R (1)	1	224K341500
2		Cable de acero galvanizado para retención		a
3	23-1	Pasta de concreto C-7-600 (2)	1	263079C307
4	25-6	Pasta de madera de 7m. C8 (2)	1	a
5	9-3	Grupa paralela	3	202222F110
6		Preformado de ranala para cable de acero	1	a
7	9-6	Guindacabo G1	1	230A15010
8	21-3	Perna de ancla 1PA (3)	1	2F2C2N6100
9	10-1	Acda cónica de concreto C1 (3)	1	244E403101
10	11-2	Arandela 2AC	1	246B34EC2C
		(1) Uso exclusivo en pasta de madera agremada de las grupos paralelos.		
		(2) Alternativa.		
		(3) En L. D. utiliza perna de ancla 2FAMN21-2 y tramos de pasta de madera de deshecho o pedacitos de fierro canal.		2F2C4T6100
		a La clave del producto dependerá del material que se utilice.		

CRUCETAS

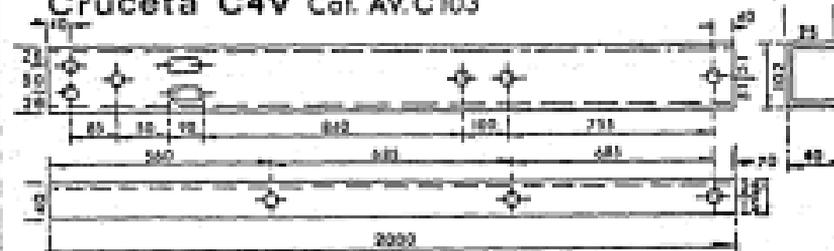
Cruceta C4T Cat. AV.C101



Cruceta C4R Cat. AV.C102



Cruceta C4V Cat. AV.C103

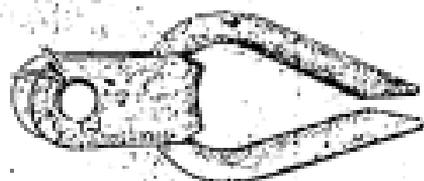


APLICACION: SOPORTAR LINEAS PRIMARIAS DE DISTRIBUCION
 MATERIAL: CANAL DE 102 mm. GALVANIZADO. PESO APROX. 17 Kg.

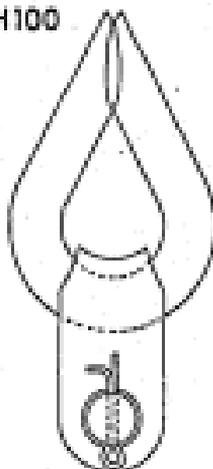
Notaciones en Milímetros - Tolerancia $\pm 5\%$ en todas las medidas.

ACCESORIOS ELECTRICOS - FUNDICION - FORJA - TROQUELADOS - PLASTICOS - PORCELANA

Horquilla con Guardacabo

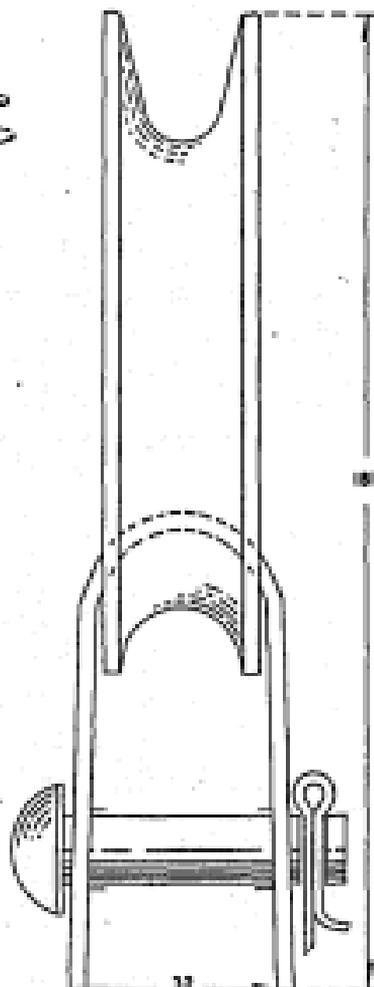


CAT. AV. H100

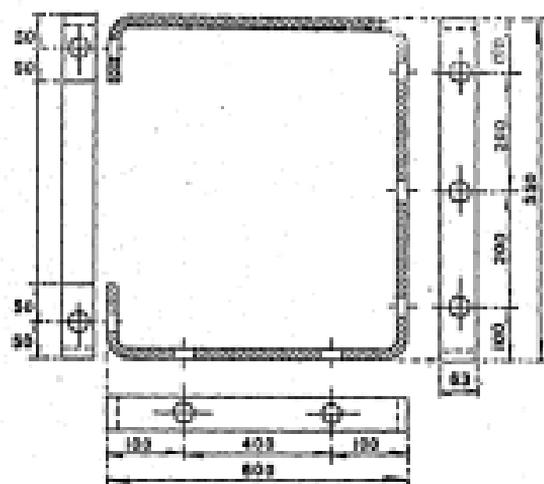


APLICACION:
EN REMATE DE CONDUCTORES
MATERIAL:
LAMINA GALV.
PESO APROX. 0.610 Kg.

Anotaciones en Milímetros
Tolerancia \pm 5% en todas
las medidas.

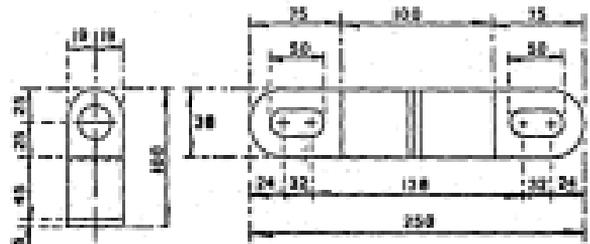


Mensula BS y Moldura RE



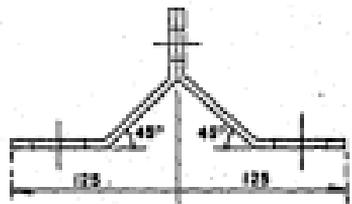
Cot. AV. M 101
MENSULA "BS"
 APLICACION: Separación de líneas secundarias
 MATERIAL: Sotelo de 10X 63
 Perforaciones: Diámetro de 18. Peso Aprox. 9 Kg.

Anotaciones en Milímetros
 Tolerancia \pm 5% en todas las medidas.

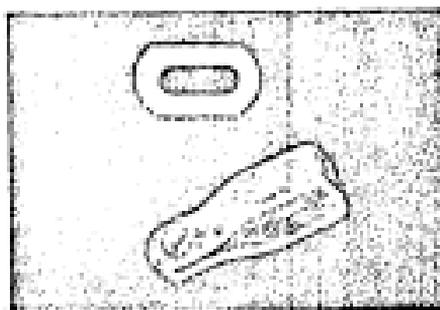


Cot. AV. M 102

MOLDURA "RE"
 APLICACION: Base de Fase en Redes
 MATERIAL: Sotelo de 5X38 mm Galv.
 Perforaciones: Diámetro de 18.
 Peso Aprox. 0.480 Kg.

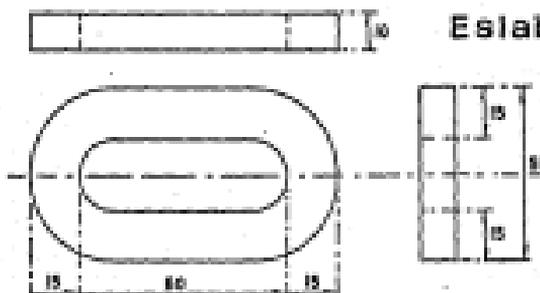


Eslabón Plano E1 y Ojo RE



Cat. AV E 101

Eslabón Plano "E1"



APLICACION: En Cadenas de Suspensión o Tenidas.
MATERIAL: Sotena de IOESI
 Perforación Diámetro de 21
 Peso Aprox. 0.220 Kg.

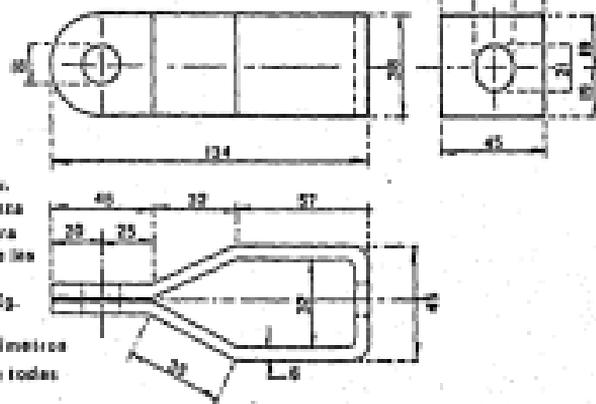
Cat. AV 0101 OJO "RE"

APLICACION:
Remate de Líneas

MATERIAL:

Sotena de 8X28 Galn.
 Deberá abrirse la pieza 8mm. después deberá cerrarse y ajustarse las perforaciones.
 Peso Aprox. 0.160 Kg.

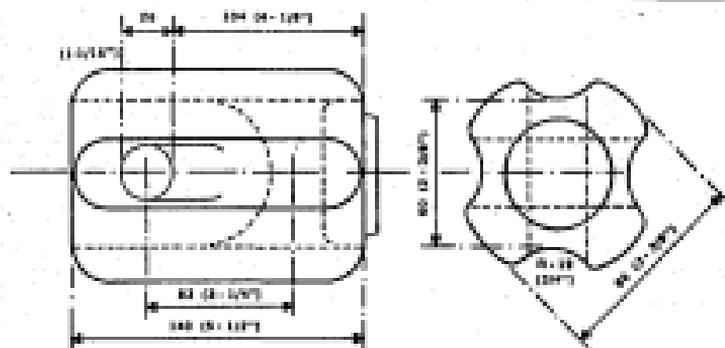
Aclaraciones en Milímetros
 Tolerancia $\pm 5\%$ en todas las medidas.



AISLADOR DE PORCELANA PARA RETENIDA

CATALOGO No. P-1203

CLASE NEMA: 543

ACOTACIONES EN
MM. Y PULGADAS

DATOS TECNICOS		SISTEMA			
		METRICO		INCHES	
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
CARACTERISTICAS ELECTRICAS					
TENSION DE FLAMEO A 50 Hz.	EN SECO	25	KV.	25	KV.
	EN HUMEDO	18	KV.	18	KV.
DISTANCIA DE FUSA		18	mm.	2-5/16	Polg.

PROPIEDADES MECANICAS Y FISICAS					
RESISTENCIA MECANICA		8012	KG.	20000	Lbs.
PESO NETO POR 100 PIEZAS		128	KG.	280	Lbs.
PESO DEL EMBAQUE	DOMESTICO	18	KG.	42	Lbs.
	EXPORTACION	21	KG.	48	Lbs.
CONTENIDO EN LA CAJA		12	PI.	12	Pz.

REFERENCIAS							
NORMAS NACIONALES		NORMAS EXTRANJERAS			CONFIGURACION		
OPCION	NOM.	ANO	EST.	C. P. E.	DESCRIPCION	CLASE	
D/S/H	NOM-1-351		EST.		3 R	544241500	

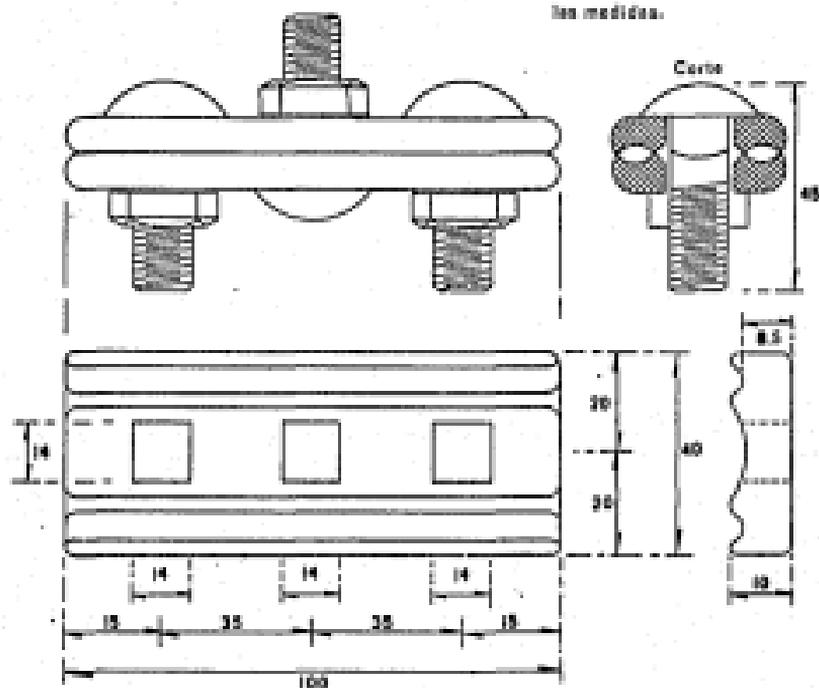
GRAPA PARALELA

CAT. AV. G212

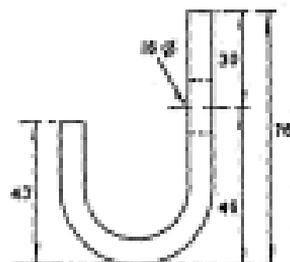
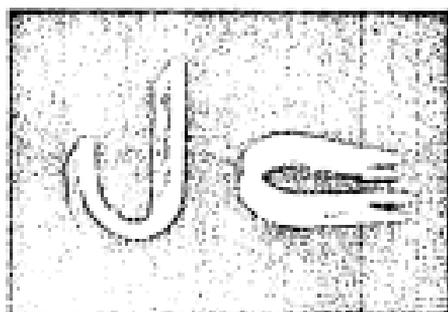


APLICACION:
EN RETENIDAS CON CABLE
DE ACERO HASTA 9.5 mm.
DE DIAMETRO.

MATERIAL:
ACERO GALV. LAMINADO
O FORJADO.
PESO APROX. 0.630 Kg.
Acoraciones en Milímetros
Tolerancia $\pm 5\%$ en todas
las medidas.



GUARDACABO y GANCHO para Retenida



Cat. AV. G190

Cat. AV. G 201

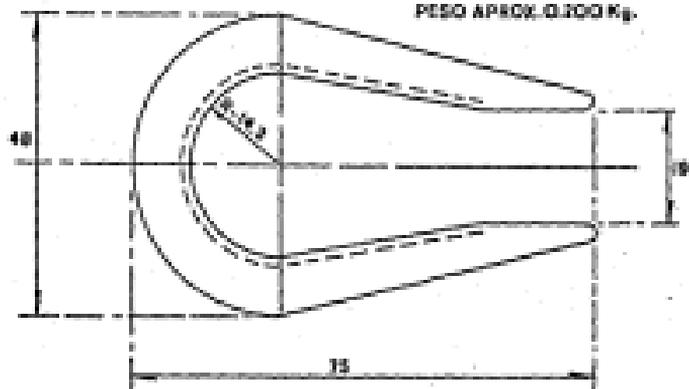
GUARDACABO

APLICACION: Protección de Cables para Retenida. MATERIAL: Lámina Galvanizada PESO APROX. 0,050 Kg.

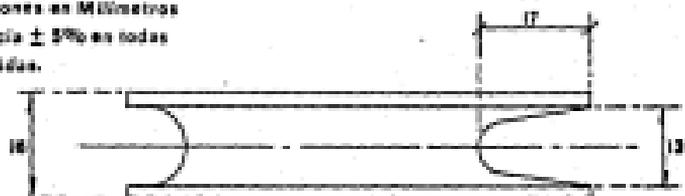
GANCHO PARA RETENIDA

APLICACION: Evitar en postes de madera el deterioramiento de cables de Retenida.

MATERIAL: Sidero de fierro de 5.4a 2.0 mm. Galvanizado PESO APROX. 0,200 Kg.



Anotaciones en Milímetros
Tolerancia $\pm 5\%$ en todas las medidas.

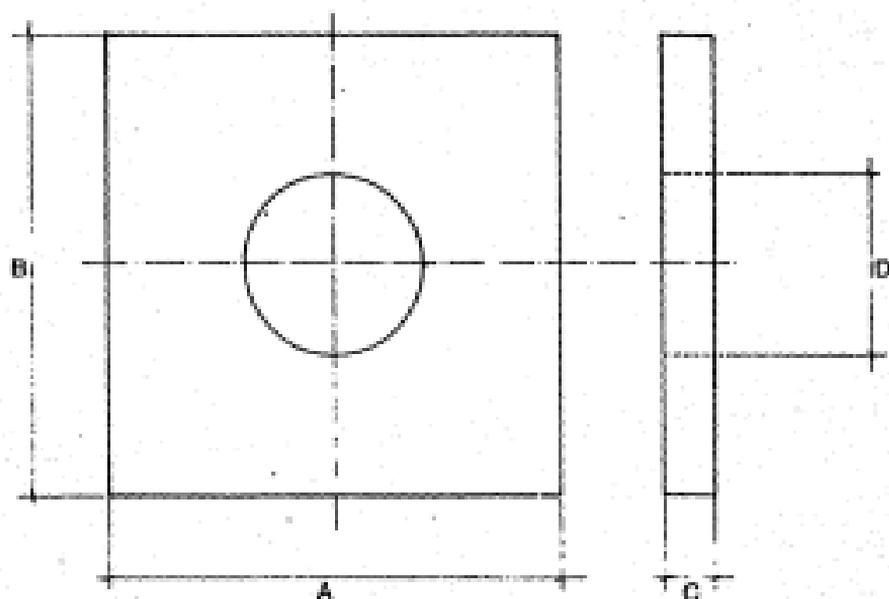


Arandelas AC y 50 x 50

MATERIAL: Sidera

APLICACION: En tornillos y pernos

ACOTACIONES: En milímetros



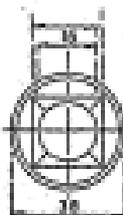
PAG.	DESIG.	DIMENSIONES			
		A	B	C	D
155	1AC	50	50	5	18
157	2AC	76	76	5	21
158	50 x 50	50	50	3	18

ALFILERES "A"

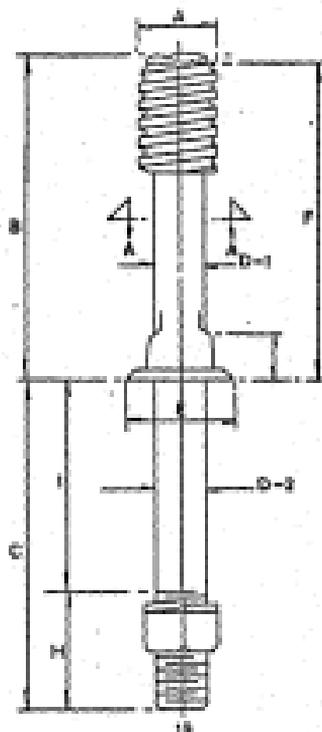


Acabados en Milímetros
Tolerancia $\pm 2\%$ en todas
las medidas.

1-A PESO APROX. 8035 Kg.
2-A PESO APROX. 1350 Kg.



SECCION A-A



APLICACION: SOPORTE DE AISLADORES

MATERIAL: ACERO FORJADO CON CEGAL DE PLOMO-Galvanizado

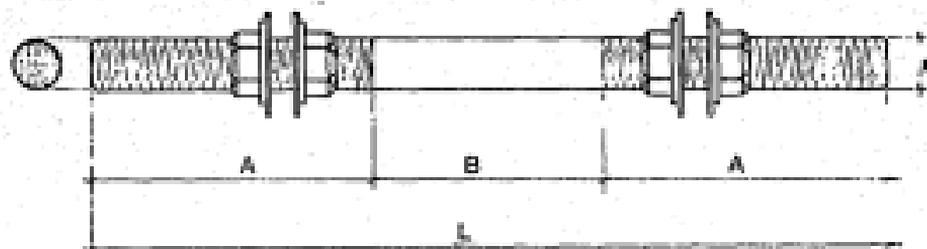
CAT. AV	M.N. Nº	DESIGNACION	DIMENSIONES							USO
			A	B	C	D1	D2	H	I	
A 136	07-1	1 A	25	150	145	18	18	51	95	hasta 25
A 137	07-2	2 A	38	200	145	27	18	51	95	hasta 33

Perno DR

MATERIAL: Redondo 5/8"

APLICACION: Para armar estructuras eléctricas aéreas

ACOTACIONES: En milímetros



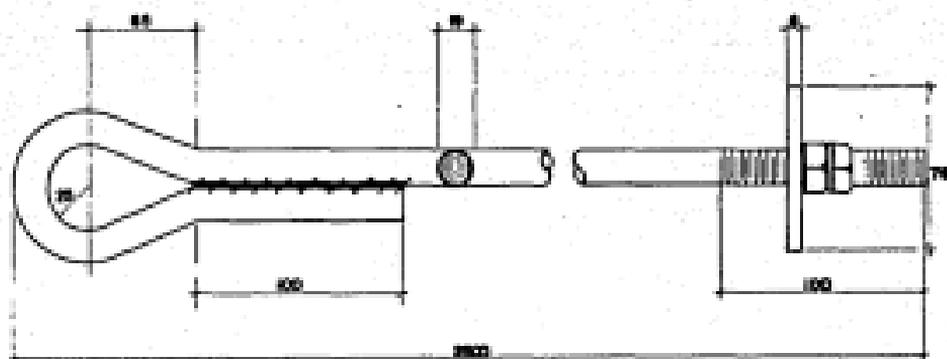
PAG.	DESIG.	DIMENSIONES		
		A	B	L
150	16 x 254	90	74	254
151	16 x 305	90	125	305
152	16 x 356	100	96	356
153	16 x 406	105	138	406
154	16 x 457	140	177	457

Perno Ancla PA

MATERIAL: Redondo 3/4" y solera 3" x 3" x 1/4"

APLICACION: Retenidas en redes y líneas

ACOTACIONES: En milímetros

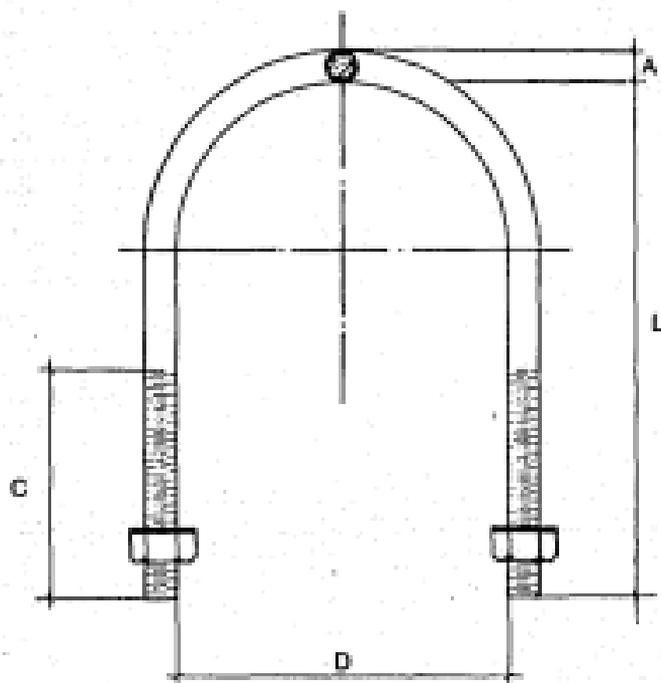


Abrazaderas U

MATERIAL: Redondo 5/8"

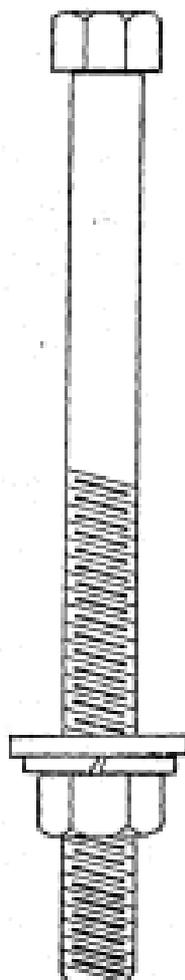
APLICACION: Fijación de crucetas

ACOTACIONES: En milímetros



PAG.	DESIG.	DIMENSIONES			
		D	L	A	C
8	1U	185	250	16	110
18	2U	290	310	16	110
25	3U	185	310	16	110

TORNILLOS DE MAQUINA



MATERIAL: FIERRO GALV.

TORNILLOS DE MAQUINA CON CABEZA Y TUERCA CUADRADA

Nº DE CATALOGO	GRUESO Y LARGO	PESO UNITARIO
AV T-105	13 X 152 mm.	223 Grams
AV T-106	13 X 203 "	275 "
AV T-107	13 X 254 "	332 "
AV T-108	13 X 305 "	392 "
AV T-109	13 X 356 "	453 "
AV T-110	16 X 152 "	350 "
AV T-111	16 X 203 "	440 "
AV T-112	16 X 254 "	510 "
AV T-113	16 X 305 "	580 "
AV T-114	16 X 356 "	671 "
AV T-115	19 X 152 "	531 "
AV T-116	19 X 203 "	644 "
AV T-117	19 X 254 "	758 "
AV T-118	19 X 305 "	873 "
AV T-119	19 X 356 "	985 "

TORNILLOS DE MAQUINA CON CABEZA Y TUERCA EXAGONAL

Nº DE CATALOGO	GRUESO Y LARGO	PESO UNITARIO
AV T-120	13 X 152 mm.	208 Grams
AV T-121	13 X 203 "	263 "
AV T-122	13 X 254 "	308 "
AV T-123	13 X 305 "	363 "
AV T-124	13 X 356 "	413 "
AV T-125	16 X 152 "	340 "
AV T-126	16 X 203 "	417 "
AV T-127	16 X 254 "	484 "
AV T-128	16 X 305 "	556 "
AV T-129	16 X 356 "	633 "
AV T-130	19 X 152 "	506 "
AV T-131	19 X 203 "	621 "
AV T-132	19 X 254 "	735 "
AV T-133	19 X 305 "	848 "
AV T-134	19 X 356 "	962 "

DADO "4"

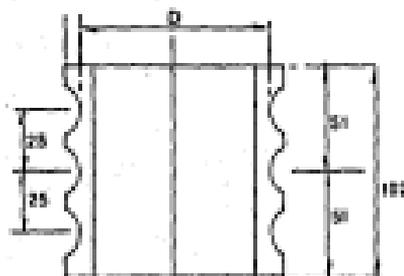
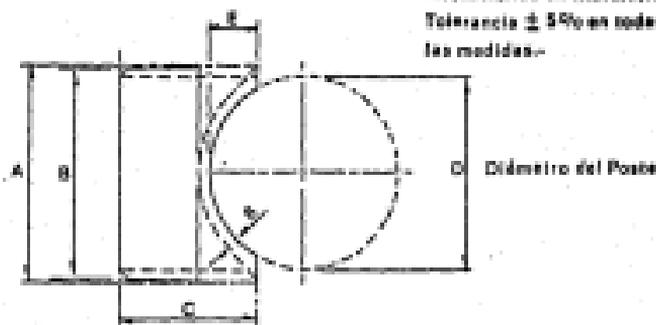


APLICACION:
FIJAR CRUCETA C41° O C4V

MATERIAL:
FIERRO FUNDIDO

ACABADO:
PINTURA NEGRA
ANTICORROSIVA

Acotaciones en Milímetros
Tolerancia $\pm 5\%$ en todas
las medidas-

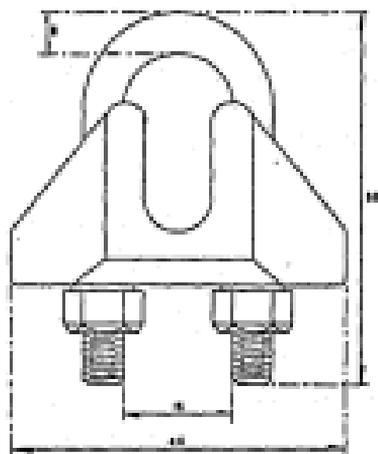
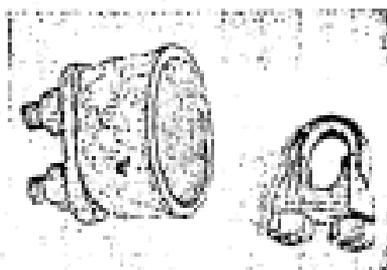


CAT. AV.	M N N°	DESIGNACION	DIMENSIONES						PESO
			D	A	B	C	E	F	
DO44	18-1	44							3,000 Kg.
DO45	18-2	45							2,500 -
DO46	18-3	46	165	175	171	84	41	47	3,400 -
DO47	18-4	47	190	200	186	90	47	53	4,100 -

GRAPA PERRO AV-GP1 Y BASE GRAPA RB

CAT. AV. G 104

CAT. AV. B 108



Grapa Perro AV-GP1

APLICACION:

En Roscas de cable de acero
hasta 53 mm. de Diámetro

MATERIAL:

Fundición de Hierro maleable
Perno "U" Acero Galvanizado

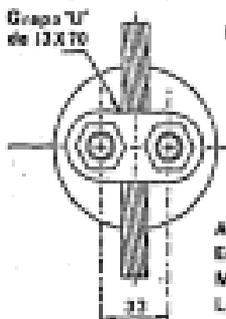
CAT. AV. G105 GRAPA PERRO 8mm. Fe. MALLEABLE CAT. AV. G106 GRAPA PERRO 12.5mm. Fe. MALLEABLE

CAT. AV. G107 GRAPA PERRO 12.5mm. Fe. MALLEABLE CAT. AV. G108 GRAPA PERRO 16mm. Fe. MALLEABLE

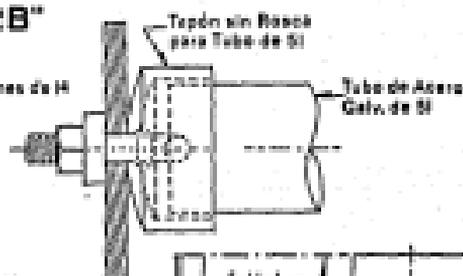
CAT. AV. G109 GRAPA PERRO 16mm. Fe. FORJADO

Base y Grapa "RB"

Grapa "U"
de 12X70



Perforaciones de 14



APLICACION:

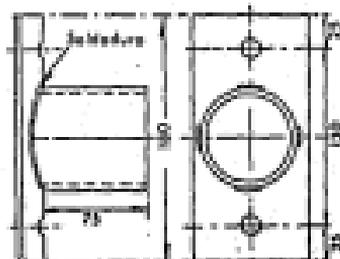
En Roscas de Bancueta.

MATERIAL:

Lamina Galvanizada. Perforaciones: Diámetro de 14.

Aceleraciones en Milímetros

Tolerancia $\pm 5\%$ en todas
las medidas.

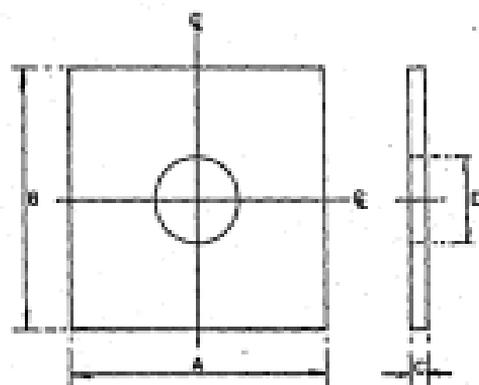
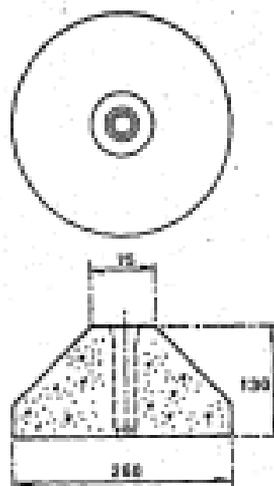


ARTEFACTOS ELECTRICOS-FUNDICION-FORJA-TROQUELAOS-PLASTICOS-PORCELANA

Ancla C1 y Arandelas IAC

ANCLA C1 Cat. AV. A144

La fuerza máxima de retención de esta Ancla es, según el tipo de terreno: Arenoso 1600 Kg. Arcilloso 2500 Kg. Compacto 3500 Kg.
PESO APROX. 8 Kg.



ARANDELAS IAC

APLICACION:
 EN TORNILLOS Y PERNOS
 MATERIAL:
 PLACA GALVANIZADA.

Anotaciones en Milímetros
 Tolerancia $\pm 8\%$ en todas
 las medidas.

CAT. AV.	MN No	DESIGNACION	A	B	C	D	PESO Aprox.
A 138	11-1	1 AC	45	45	5	16	0,060
A 139	11-2	2 AC	76	76	6	21	0,270

DESCRIPCION:

El sistema modular de terminales Intemperie está diseñado para proporcionar una instalación rápida, confiable y versátil en cables de energía de media tensión (5- 35 kV) con aislamiento extruido (EP, XLP, PVC).

Los elementos fundamentales que constituyen una terminal modular son los siguientes:

- a) Cono premoldeado
- b) Campana terminal Intemperie en las siguientes cantidades:

- 3 para sistemas 5-9,7 kV
- 4 para sistemas 15 kV
- 6 para sistemas 25 kV
- 8 para sistemas 34,5 kV

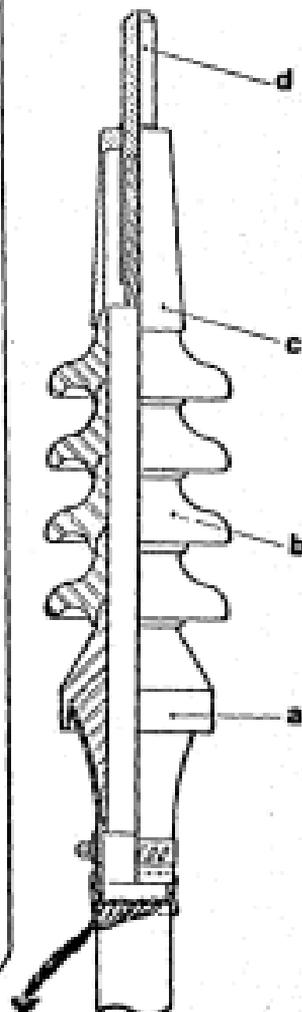
- c) Sello Terminal Intemperie
- d) Conector Universal.

El cono premoldeado proporciona apoyo de refuerzo en el corte de la puntilla del cable.

Las campanas moldeadas en un material elastomérico (EPDM) formulado para resistir el oscuramiento o tracking, proporcionan distancia de fuga entre fase y tierra. Vienen en color gris perlado para disminuir el contraste con la atmósfera.

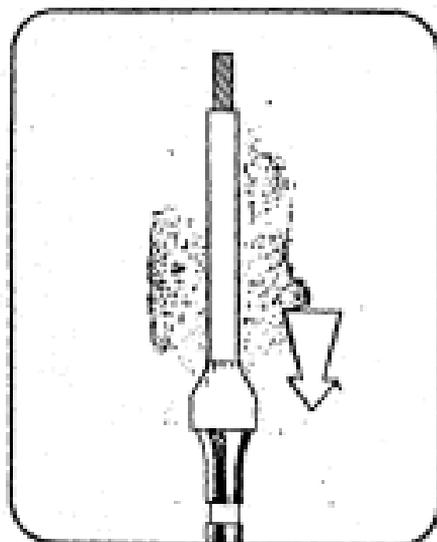
El sello moldeado en EPDM semiconductor, permite eliminar la punta de líquido en el aislamiento al mismo tiempo que sella la punta del cable evitando la inclusión de humedad.

El conector universal tiene un tope para asegurar el sello evitando su deslizamiento hacia arriba. Permite al mismo tiempo conectar la terminal al portaluzón o bus de alta tensión por medio de una mandata de tornillos o un conector mecánico. El conector está tratado para evitar corrosión.

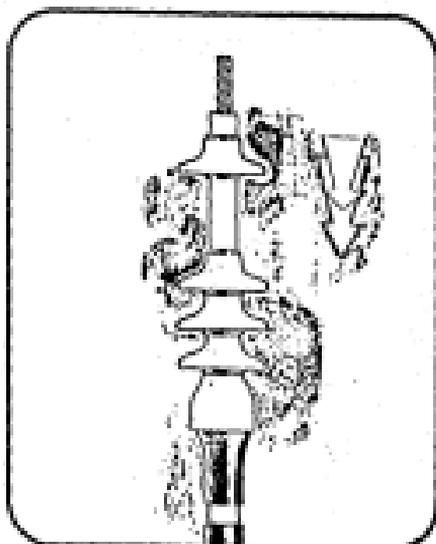


GARANTIA: Los productos INDAEL están garantizados para funcionar satisfactoriamente si se instalan y utilizan correctamente, respetando estrictamente a los instructivos. La responsabilidad de INDAEL está limitada a reponer el producto cuando se demuestra que está defectuoso.

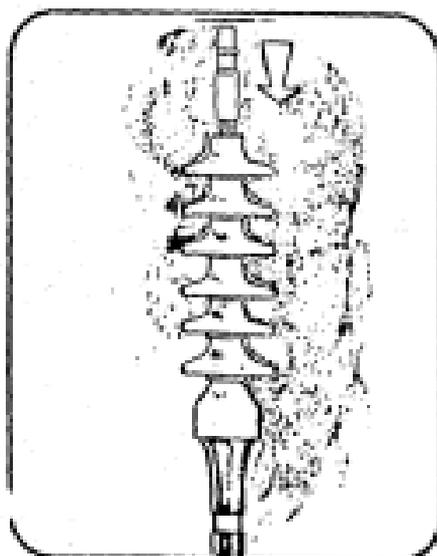
PROCESO DE INSTALACION



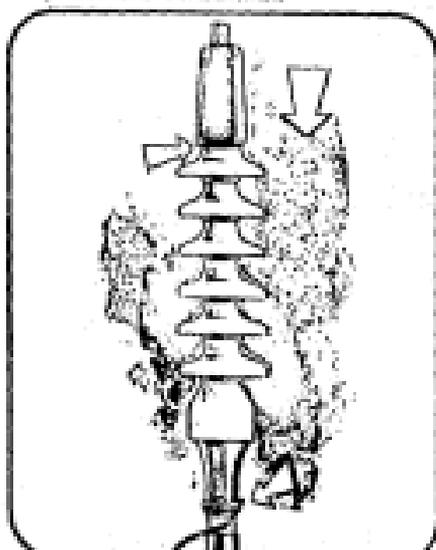
1.- Prepare el cable o instale el cario de alambre con el instructivo incluido en cada paquete.



2.- Instale una a una las campanas en el número necesario según el voltaje del sistema (ver tabla siguiente). Cada una está compuesta totalmente perfectamente con la anterior.



3.- Corte a ras de la última campana el aislamiento del cable. Instale el conector universal a compresión.



4.- Instale el sello semiconductor TMI fuerte que viene con la última campana y debajo del

CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS

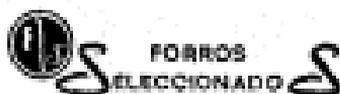
La norma utilizada para probar estas terminales es la NOM-J-199-1978 (IEEE 48-1976) para Clase 2. En el siguiente cuadro se resumen los valores mínimos exigidos por esta norma:

TABLA 1

Clase de Aislamiento (kV)	Módulo Tenso a Tiro (kM)	Pruebas de tensión sostenida, 60 Hz			Prueba de miliseg. de descarga descargas		Prueba de impulso NEDA (kV pico)	Prueba de C. S. Tensión aplicada 15 minutos (kV promedio).
		1 minuto a tasa (kV rms)	10 segundos a tasa (kV rms)	5 horas a tasa (kV rms)	Tensión de extinción (kV rms)	Sensibilidad Mínima del Detector (pC)		
5	3.2	25	25	15	4.5	30	75	90
6.7	6.6	35	35	25	7.5	30	95	115
15	15	50	48	35	13.0	30	110	125
25	25.0	65	65	55	21.5	30	150	165
34.5	33.0	80	80	75	35.0	30	200	190

Los conectores universales están diseñados para que su capacidad de conducción sea por lo menos igual a la del conductor que conecta. La capacidad del sistema está sujeta a las condiciones de aterramiento del tipo de aislamiento, condiciones ambientales, tipo de instalación (abierta, cerrada, enterrada) y disposición de los cables. Se recomienda consultar al fabricante del cable, a (INDAEL) y las normas IEEE S-136-1, 1982 (IPCEA P-46-436) IEEE S-136-2, 1982 (IPCEA P-46-436) referente a Capacidades de Cable de Potencia, Conductor de Cobre y Aluminio respectivamente.

T E S I S



Enrique González Martínez No. 25 Local 1 Tel. 14-83-99

Merito No. 505 Tel. 14-38-34

AV. HIDALGO No. 619-A SECTOR HIDALGO