



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN

“MONTAJE DE EQUIPO DE POTENCIA 400 KV PARA CONECTAR UNA LINEA DE
TRANSMISIÓN Y BANCO DE TRANSFORMACIÓN DE
400/230 KV Y UNA POTENCIA DE 330 MVA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
P R E S E N T A :
ELOY CHAQUECO ORIHUELA

ASESOR :ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ



MÉXICO

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA LL
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0173/03.

ASUNTO: Revisión Previa de Tesis, antes de
Autorizar su Impresión.

ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ (ASESOR)
ING. JESÚS NÚÑEZ VALADEZ → *JNV*
ING. FRANCISCO APOLONIO ARISTA PATIÑO
ING. SERGIO RAMÍREZ RAMÍREZ
ING. NOÉ GONZÁLEZ ROSAS

[Handwritten signatures and initials]

En forma anexa le hago entrega de un ejemplar del proyecto de tesis titulado "MONTAJE DE EQUIPO DE POTENCIA EN 400 KV PARA CONECTAR UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN Y UN BANCO DE TRANSFORMACIÓN DE 400/230 KV Y UNA POTENCIA DE 330 MVA", del alumno ELOY CHAQUECO ORIHUELA, con número de cuenta 8161854-3.

Esto con el fin de que sea revisada por usted, y nos dé su evaluación y comentarios por escrito, mismos que le pido me haga llegar a la brevedad posible.

Agradezco de antemano su colaboración y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Bosques de Aragón, Estado. de México, 11 de marzo del 2003.
EL SECRETARIO TÉCNICO

[Handwritten signature]

ING. JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOSA

c.c.p. Alumno.

JLGE/scd



GOBIERNO NACIONAL
ESTADO DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0335/03.

ASUNTO: **Sinodo.**

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
SECRETARIO ACADÉMICO
P R E S E N T E.

Por este conducto me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sinodo del Examen Profesional del alumno: **ELOY CHAQUECO ORIHUELA**, con Número de Cuenta **8161854-3**, con el tema de tesis: **"MONTAJE DE EQUIPO DE POTENCIA EN 400 KV PARA CONECTAR UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN Y UN BANCO DE TRANSFORMACIÓN DE 400/230 KV Y UNA POTENCIA DE 330 MVA"**.

PRESIDENTE:	ING. JESÚS NÚÑEZ VALADEZ	ABRIL	77
VOCAL:	ING. FRANCISCO APOLONIO ARISTA PATIÑO	OCTUBRE	77
SECRETARIO:	ING. NOÉ GONZÁLEZ ROSAS	DICIEMBRE	82
SUPLENTE:	ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ	MAYO	90
SUPLENTE:	ING. SERGIO RAMÍREZ RAMÍREZ	NOVIEMBRE	01

Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. David M. Terán Pérez, quien está incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Bosques de Aragón, Estado. de México 23 de abril del 2003.
EL JEFE DE CARRERA



ING. RAÚL BARRÓN VERA

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
c.c.p. Ing. David M. Terán Pérez. Asesor.
c.c.p. alumno

RBV/scd

AGRADECIMIENTOS:

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
"CAMPUS" ARAGON.
POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE SUPERARME.

A LA COMPAÑÍA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
QUE ME HA DADO LA OPORTUNIDAD DE EJERCER MI PROFESION Y
SER PARA MI OTRA ESCUELA.

A MIS PADRES:
JOAQUIN CHAQUECO REYNOSO
GUADALUPE ORIHUELA ROSALES
POR APOYARME Y ALENTARME TODO EL TIEMPO Y
CON QUIENES AUN TENGO LA FORTUNA DE CONVIVIR

A MIS HERMANOS:
HERLINDA, AURORA. JUAN. JOSE, ALBERTO Y VICENTE
POR SU APOYO Y ALIENTO

A MI ESPOSA:
CARITINA TOVAR AUSENCIO A QUIEN AGRADEZCO SU AMOR,
COMPRESION Y APOYO QUE TODO MOMENTO TIENE PARA CONMIGO.

A LA FAMILIA SANCHEZ IBARRA
POR SU APOYO Y CON QUIENES CONVIVI MUCHO TIEMPO.

A LOS INGENIEROS:
DAVID CABRERA VAZQUEZ
SERGIO MATA JIMENEZ
JAVIER LICHTLE PEDRUEZA
A QUIENES AGRADEZCO EL APOYO, EL ALIENTO Y LAS FACILIDADES
QUE ME BRINDARON PARA EL DESARROLLO DE ESTA TESIS

AL INGENIERO MARGARITO ROLDAN DOMINGUEZ
A QUIEN AGRADEZCO SU APOYO Y PERMITIRME TOMAR INFORMACION
PARA CONJUNTAR ESTA TESIS

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO EN GENERAL
DE QUIENES HE APRENDIDO

A DIOS
POR HABERME DADO LA OPORTUNIDAD DE VIVIR, DE TENER UN TRABAJO
MARAVILLOSO Y DE TENER A MI FAMILIA.

A TODOS MIS MAESTROS EN GENERAL

AL INGENIERO DAVID MOISES TERAN PEREZ
POR BRINDARME SU ASESORIA Y TIEMPO PARA DESARROLLAR ESTA
TESIS

INDICE

Justificación.....	3
Objetivo General.....	5
Objetivos particulares.....	5
Introducción.....	6
CAPITULO I.- DESCRIPCION DEL EQUIPO.....	7
I.1.- Apartarrayos.....	7
I.2.- Tipos de Apartarrayos.....	8
I.3.- Cuchilla Desconectadora.....	11
I.4.- Interruptores.....	12
I.4.1.- El Proceso Ideal de Interrupción de la Corriente.....	12
I.4.2.- Operación del Interruptor.....	13
I.4.3.- Tipos de Interruptores.....	14
I.5.- Transformadores para Instrumento.....	20
I.5.1.- Transformadores de Corriente.....	20
I.5.2.- Transformadores de Potencial.....	21
I.6.- Trampas de Onda.....	26
I.6.1.- Construcción.....	26
I.6.2.- Características de las Bobinas de Bloqueo.....	27
I.6.3.- Bobinas de Bloqueo con Sintonía Simple.....	28
I.6.4.- Bobinas de Bloqueo de Banda Ancha.....	29
I.7.- Transformador de Potencial Capacitivo.....	30
I.7.1.- Condiciones de seguridad.....	30
I.7.2.- Descripción Técnica.....	30
I.8.- Equipo para Aislamiento de Buses Rígidos y Flexibles.....	32
I.9.- Materiales Misceláneos para Buses.....	34
I.10.- Cable de Control y fuerza.....	35
I.10.1.- Cable de Control.....	35
I.10.2.- Cable de Fuerza.....	36

CAPITULO II .- SELECCIÓN DEL ARREGLO PARA EL MONTAJE DEL EQUIPO.....	37
II.1.- Criterios a utilizar para la Selección del Diagrama Unifilar.....	37
II.1.1.- La Continuidad del Servicio.....	37
II.1.2.- La Flexibilidad de Operación.....	38
II.1.3.- Facilidad para Mantenimiento.....	38
II.1.4.- Cantidad de Equipo Necesario.....	38
II.1.5.- Volumen de Energía en las Barras Colectoras.....	38
II.1.6.- El Tipo de Subestación.....	38
II.2.- Diagramas Unifilares.....	40
II.2.1.- Barra Simple.....	40
II.2.2.- Barra Auxiliar y Comodín.....	41
II.2.3.- Doble Barra con Interruptor de Amarre.....	42
II.2.4.- Interruptor y Medio.....	43
II.2.5.- Doble Barra Doble Interruptor.....	44
II.3.- Selección del Arreglo para Montaje.....	45
CAPITULO III.- REALIZACION DEL PROGRAMA DE MONTAJE.....	47
III.1.- Descripción del Sistema Utilizado.....	47
III.2.- Herramientas de Project.....	47
III.3.- Como Ingresar a Project.....	50
III.4.- Costos Unitarios.....	51
III.5.- Elaboración del Programa de Montaje.....	53
III.6.- Formatos Complementarios.....	54
CAPITULO IV.- PRUEBAS DE CAMPO DEL EQUIPO.....	55
IV.1.- Pruebas de Campo del Equipo.....	55
IV.1.1.- Transformadores de Corriente.....	56
IV.1.2.- Transformadores de Potencial.....	56
IV.1.3.- Interruptores de Potencia.....	56
IV.1.4.- Cuchillas Desconectoras.....	56
IV.1.5.- Trampas de Onda.....	56
IV.1.6.- Transformador de Potencial Capacitivo.....	56

IV.1.7.- Apartarrayos.....	56
IV.1.8.- Aislador Soporte de Bus.....	57
IV.2.- Descripción de las Pruebas.....	57
IV.2.1.- Prueba de Resistencia de Contactos.....	57
IV.2.2.- Tiempos de Apertura y Cierre de Interruptores.....	58
IV.2.3.- Voltajes Mínimos de Operación.....	60
IV.2.4.- Prueba de Rigidez Dieléctrica del Aceite.....	60
IV.2.5.- Prueba de Resistencia de Aislamiento.....	62
IV.2.5.1.- Métodos de Prueba.....	64
IV.2.6.- Prueba de Relación de Transformación y Polaridad.....	64
IV.3.- Equipo Utilizado para Pruebas de Campo.....	65
IV.3.1.- Analizador de Aislamientos M4000.....	65
IV.3.2.- Equipo de Prueba MEGGER Tipo BMD11.....	70
IV.3.3.- Equipo para medición de Polaridad y Continuidad.....	73
IV.3.4.- Ducter.....	75
IV.3.5.- Equipo para Medición de Voltajes Mínimos de Operación.....	77
IV.3.6.- Probador de aceite.....	79
IV.4.- Recomendaciones de Seguridad para el Personal.....	81
Conclusiones.....	82
Glosario de Términos.....	83
Bibliografía.....	98
Anexo1.....	100
Indice.....	i

JUSTIFICACIÓN:

La energía eléctrica, es sin lugar a dudas uno de los principales descubrimientos que ayuda al hombre a realizar sus tareas, el incremento de su utilización aumenta constantemente por emplearla en incontables formas.

Pero al crearse zonas de gran congestionamiento urbano, los consumidores imponen requisitos fundamentales a los sistemas de distribución.

La Ciudad de México y sus alrededores tiene zonas con diferentes características de carga que tienen un crecimiento desproporcionado, a consecuencia de la etapa de desarrollo demográfico, industrial, comercial, habitacional y de servicios, por el cual atraviesa, demandando a las empresas suministradoras de energía eléctrica, más fluido de esta energía para proporcionar un servicio con la calidad requerida.

El problema del suministro de energía eléctrica es diseñar, construir y mantener un sistema que suministre el servicio adecuado hasta el área de carga bajo consideración, para que el usuario pueda hacer uso de ésta en el lugar de consumo. Las necesidades de transporte desde su lugar de generación, grandes cantidades de energía a los lugares de consumo ha requerido aumentar los niveles de tensión, con el propósito de disminuir las pérdidas, creándose nuevos problemas que requieren de diversos estudios para llevar a cabo la construcción de no una sino varias subestaciones, principalmente, reductoras de tensión, con las cuales inyectar más MVA's (Mega Volts-Ampère) al sistema central y así dar, un servicio adecuado sin la necesidad de que en un momento dado se tenga que llegar al extremo de desconectar cargas.

A la fecha, las entidades responsables de proporcionar este servicio son Luz y Fuerza del Centro (LyFC) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE); ambas entidades dependen directamente de la Administración Federal, lo que obliga, dada la magnitud del sistema eléctrico, a destinar grandes cantidades de recursos financieros, de los cuales no se tiene disposición debido a las crisis y devaluaciones por las que el país ha pasado; debido a esto, el gobierno ha cambiado la política de este servicio y, de una década a estos días, inversionistas particulares han construido centrales generadoras para así satisfacer la demanda de energía eléctrica. La siguiente Tabla muestra algunos productores externos de energía y su capacidad contratada.

<u>PRODUCTORES EXTERNOS DE ENERGÍA.</u>	<u>CAPACIDAD EN MW.</u>
"MÉRIDA III".	484.000
"FUERZA Y ENERGÍA DE HERMOSILLO".	250.000
"CICLO COMBINADO SALTILLO".	247.000
"CICLO COMBINADO TUXPAN II".	495.000
<u>TOTAL.</u>	<u>1, 146.000</u>

Tabla en la cual se muestran las cantidades de Energía generada por inversionistas privados.

OBJETIVO GENERAL.

Conocer el procedimiento de montaje del equipo de potencia de 400 KV para conectar una línea de transmisión y un banco de transformación de 400/230 KV y una potencia de 330 MVA.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- 1.- Describir el equipo a instalar.
- 2.- Establecer la selección del arreglo de montaje del equipo.
- 3.- Establecer el Programa de montaje del equipo.
- 4.- Efectuar las pruebas eléctricas a los equipos ya instalados, en "campo".

INTRODUCCIÓN.

Para abordar los conceptos que este trabajo de tesis pretende abarcar se utiliza la siguiente metodología:

El Capítulo I abarca la descripción del equipo de potencia necesario para la conexión de una Línea de transmisión de 400kv y para un banco de transformación de 400 a 230kv se describen sus características principales, su funcionamiento y su costo.

En el capítulo II, se describe bajo ciertas características propias el arreglo de montaje del equipo de potencia, mediante diversos arreglos comparativos de varios diagramas unifilares, se selecciona el arreglo de interruptor y medio por las características particulares que este ofrece.

En el capítulo III se describe el software empleado para la realización del programa de montaje del equipo de potencia, se puede ver la secuencia de actividades ubicadas en el tiempo, algunas de estas pueden ejecutarse en paralelo y otras por lógica deben ser ejecutadas en serie, es obvio que el programa se realiza en función de los recursos de que se dispone siendo el principal el recurso humano. Cabe mencionar que para la realización del programa se llevó a cabo un estudio de tiempos y movimientos por elemento y se consideró solo el personal necesario.

En el capítulo IV, de manera general se describen las pruebas de campo que de manera particular se le aplican a los equipos ya en sitio, también se menciona de manera general el uso, manejo y condiciones de seguridad que deben tenerse en cuenta con los aparatos utilizados para la realización de las pruebas. Las pruebas consisten básicamente en pruebas de aislamientos y de funcionamiento dando como resultado un panorama de seguridad de que el equipo instalado, en el momento de su puesta en marcha este opere sin novedad.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

En este capítulo se describen las características principales y funcionamiento de los equipos.

El nivel de corto circuito en el sitio de instalación es de 27.3 KA, la altura de operación del equipo es a 2300 metros sobre el nivel del mar, el voltaje de operación del equipo es de 400000 Volts, la corriente nominal es de 2000 A.

1.1 Apartarrayos.

Dentro de las instalaciones eléctricas de una subestación, la diferencia de potencial entre los conductores o entre estos y tierra, tienden a alcanzar valores muy altos durante tiempos generalmente reducidos, dichos valores son originados por ondas que se presentan por una descarga atmosférica o por causas internas del sistema, a este tipo de anomalías se le conoce con el nombre de sobretensiones.

Las sobretensiones son peligrosas para la vida de las máquinas, aparatos y conductores, ya que de ocurrir un fenómeno de esta índole provoca la disminución o perforación de los aislamientos de que están dispuestos. Para evitar esto es necesario que se utilicen unos dispositivos que permitan proteger las instalaciones eléctricas, estos se conocen como apartarrayos.

Los apartarrayos son empleados con el objeto de limitar las descargas ya sean atmosféricas o debidas a las ondas de sobretensión en operación de interruptores. Las ondas generadas durante una descarga atmosférica viajando a la velocidad de la luz, dañan al equipo si este no esta protegido correctamente, para la protección de los mismos se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Descargas directas sobre la instalación.
- Descargas indirectas.

El más importante por presentarse con mayor frecuencia es el de descargas indirectas para protección de estas sobretensiones se utilizan los apartarrayos, que es un dispositivo conectado permanentemente a las líneas del sistema, pero solo entra en funcionamiento cuando la tensión alcanza un valor superior a la del servicio, a esta tensión se le conoce como tensión de cebado del apartarrayos.

El funcionamiento se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores, uno de los electrodos es conectado a la línea y el otro es conectado a tierra, en los cuales salta una chispa cuando la sobretensión alcanza un valor requerido al cual se gradúa el explosor, de esta manera la tensión es drenada a tierra con lo cual queda protegida la subestación.

Los apartarrayos deben conectarse a tierra lo mas directamente posible con un conductor de baja impedancia y de amplia conducción de corriente.

1.2 Tipos de Apartarrayos.

Actualmente se fabrican varios tipos de apartarrayos, los cuales están basados en el mismo principio de operación, los mas comunes y empleados son:

✓ *Apartarrayos tipo valvular.*

Consiste en varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables, cuya función es dar una operación mas sensible y precisa. Dichas resistencias pueden ser de un aglomerado (resorbita), los explosores tienen una separación entre si con distancias reducidas entre los platillos. Estos elementos se encuentran dentro de una pieza de cerámica hueca, la cual esta formada por un numero de campanas necesarias para la tensión de servicio.

La parte superior del explosor está protegida por una parte metálica en donde se coloca el borne de conexión con la línea y en la parte inferior una base metálica conectada con la resistencia de resorbita, la cual se conecta a tierra. se emplea en los sistemas que operan a grandes tensiones y representa una gran seguridad de operación. La figura 1.1 muestra el símbolo empleado para apartarrayos.

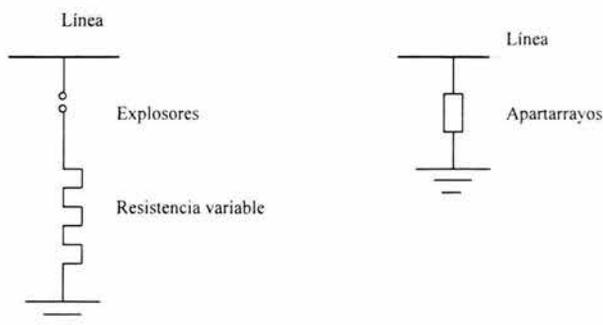


Figura 1.1 Símbolos del Apartarrayos.

✓ *Funcionamiento del Apartarrayos.*

El apartarrayos opera en un rango de tensiones bien definidas, tomando un límite de operación máximo y mínimo. El límite máximo es un valor superior a la nominal y el límite mínimo es ligeramente inferior a la tensión nominal.

Cuando se presenta un fenómeno de sobretensión, el apartarrayos debe descargar las sobretensiones y ser capaz de interrumpir la corriente remanente cuando termine el primer medio ciclo a frecuencia normal de la línea, esto quiere decir que la extinción del fenómeno en forma completa en $1/120$ de segundo para frecuencia a 60 Hz.

Si al apartarrayos se le aplica una sobretensión transitoria de magnitud suficientemente alta para producir un flameo en los explosores, el apartarrayos se convierte en semiconductor y la energía asociada con la onda de sobretensión transitoria se drena a tierra por medio de los discos de material cerámico correspondiente al elemento autovalvular. Dichos discos presentan una baja resistencia al paso de la corriente cuando la tensión aplicada disminuye, lo que provoca la limitación de la corriente de baja frecuencia que circula por el apartarrayos, al convertirse este en un semiconductor donde un valor tal que el arco eléctrico que se origina en los explosores se extingue definitivamente al primer paso de la corriente de baja frecuencia por cero. Y el apartarrayos vuelve a su estado normal de aislador.

En la figura 1.2 se presenta el funcionamiento del apartarrayos.

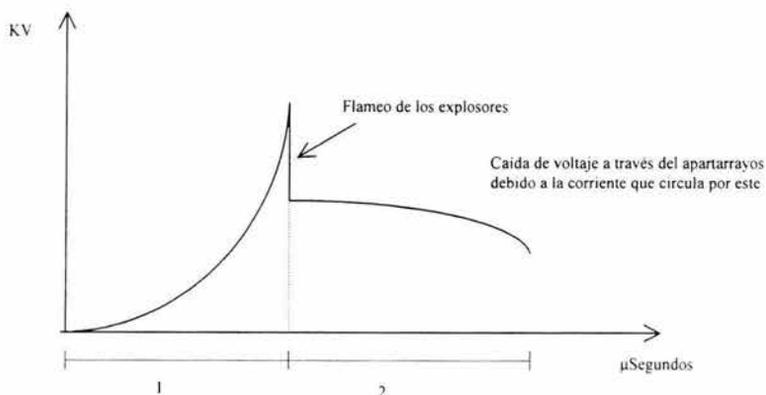


Figura 1.2 Curva de Funcionamiento del Apartarrayos.

En el intervalo 1 no existe corriente de descarga a través del apartarrayos, aquí se comporta como aislador.

En el intervalo 2 si existe corriente de descarga a través del apartarrayos, aquí se comporta como una resistencia variable.

En la figura 1.3 se muestra el funcionamiento de un apartarrayos tipo valvular.

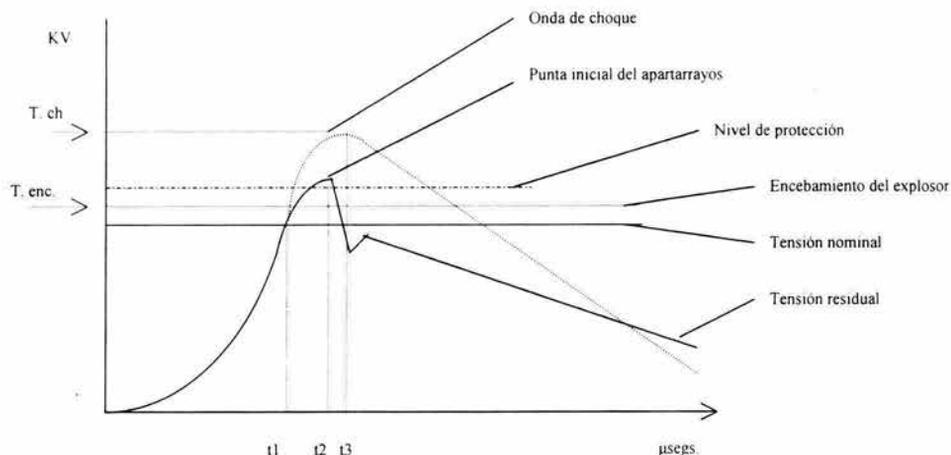


Figura 1.3.- Curvas de Funcionamiento del Apartarrayos.

Una de las condiciones importantes para la instalación de los apartarrayos es que estos deben instalarse lo mas cerca posible del equipo a proteger para que su funcionamiento sea lo mas eficiente posible en cuanto a su función.

Una protección adicional que se utiliza en subestaciones de potencia contra descargas atmosféricas es la instalación de varillas conocidas como "bayonetas" a las que comúnmente se les conoce como "pararrayos". Estos electrodos están fabricados usando tubos de fierro galvanizado de unos 40mm de diámetro y de 3 metros de largo, se colocan atornillados a la estructura de la subestación lo mas alto posible, en la parte superior están cortados en bisel para dar el efecto de punta.

Adicionalmente a este tipo de protección contra descargas atmosféricas, se instalan los hilos de guarda que es cable de acero trenzado de 3/8" de diámetro el cual se tiende sujeto en la parte superior de las estructuras de toda la subestación.

El sistema de tierras es un factor determinante para que las protecciones aquí mencionadas contra sobretensiones brinden el margen de protección deseado; es por esto que este sistema de tierras debe ser muy bien dimensionado incluyendo los márgenes de seguridad para el personal que en un momento dado, circule por el área que ocupa el equipo eléctrico instalado y que no esté en riesgos de exponerse a altos voltajes. Como norma, se ha tomado como valor máximo de tensión que puede soportar el cuerpo humano e 150 Volts en 1.2 segundos considerando una resistencia del cuerpo humano de 1000 ohm.

1.3 Cuchilla Desconectadora.

Se les llama también seccionadoras y es un elemento cuya función principal es la de desconectar físicamente un circuito eléctrico o un equipo. En la siguiente figura puede observarse la representación de una cuchilla desconectadora y de puesta a tierra ver figura 1.3

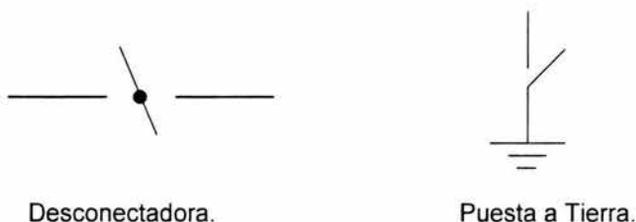


Figura 1.3.- Símbolo de una cuchilla desconectadora y de puesta a tierra de acuerdo a normas ANSI.

Por lo general, las cuchillas son operadas sin carga, sin embargo, existen modelos comerciales de estos elementos que permiten operarse con carga, estos tipos de seccionadores contienen en su conjunto un elemento interruptivo.

Pueden operarse manual o eléctricamente, por seguridad deben ser operadas desde un lugar remoto, en el último de los casos se pueden operar al pie del equipo con alguna palanca o manivela.

Existen de varios tipos, como son de navaja con movimiento giratorio en el aislador central, con brazos en los aisladores laterales en este tipo por diseño no lleva aislador central, el movimiento de desconexión se hace girando los aisladores laterales.

Por su tipo de operación, pueden montarse horizontales, verticales, invertidas, por su apertura, puede ser operación en grupo ya sea manual o motorizada o con pértiga.

1.4- Interruptores.

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad de un circuito eléctrico, entre dos contactos separables tanto con carga nominal como con condiciones de falla. En la figura 1.4 se observa el símbolo con el cual se representa un interruptor de potencia.



Figura 1.4.- Símbolo de un interruptor de potencia de acuerdo a normas ANSI.

La función primordial del interruptor es la de interrumpir las grandes corrientes producidas por corto circuito y así aislar las partes constitutivas de un sistema de potencia, ya que de no ser así inmediatamente se pueden producir daños no solamente en la parte bajo falla, si no también en otros elementos del sistema como pueden ser maquinas, cables, transformadores, etcétera.

Al iniciarse la interrupción de la corriente se forma, entre los contactos que se separan un arco cuya extinción tiene lugar en un tiempo muy reducido y que depende de las características propias del interruptor y del medio aislante que este contiene.

El arco eléctrico esta constituido por electrones y gas ionizado, a temperaturas muy altas por el orden de 2500°C a 10000°C, así pues el arco eléctrico mantiene la continuidad del circuito y permite que siga circulando una corriente, el arco es por lo tanto un conductor gaseoso y la caída de potencial a través del arco varía en proporción inversa a la intensidad de la corriente. El arco es pues, el problema fundamental que un interruptor de potencia tiene que ser capaz de extinguir en condiciones severas de operación.

1.4.1- El Proceso Ideal de Interrupción de la Corriente.

Esta interrupción tendría lugar cuando el corte del circuito se realizase al paso de la corriente por cero, y se mantuviera nula la tensión del arco durante los períodos que preceden a la interrupción, es decir, que cuando los contactos empezaran a separarse la corriente pasara por cero, y con una rapidez suficiente para evitar que se produzca el arco.

Por tanto, el interruptor debe de operar sin problema para interrumpir tres tipos de corriente ver figura 1.5 (Página 15).

- La corriente nominal, que es la corriente de trabajo en condiciones normales de operación.

- La corriente de corto circuito simétrica, es la que se produce en un corto circuito cuando el voltaje es máximo.
- La corriente de corto circuito asimétrica, que es la que sucede en cualquier otro punto al presentarse el corto circuito donde no llega a su máximo el voltaje.

1.4.2- Operación del Interruptor.

La apertura de un interruptor es generalmente automática y es iniciada por un dispositivo actuando por la corriente en la línea o proporcional a ella. El mecanismo del interruptor, enganchado contra un sistema de resortes, puede ser liberado mediante acción manual directa o la fuerza producida por una pequeña solenoide llamada bobina de disparo y es acelerada por la energía almacenada en los resortes.

La operación de cierre consiste en mover los contactos móviles a la posición final de contacto con los fijos operando directamente el mecanismo con una palanca o por un solenoide de proporciones mayores que el de disparo.

Normalmente se usa el cierre eléctrico y a control remoto por conveniencia y para evitar riesgos. Se efectúa alimentando a un solenoide con C.D. como se observa en la figura 1.6.

La secuencia de operación es como sigue:

1. El aparato cierra el contacto C y alimenta el polo positivo de la batería al contactor auxiliar X, el cual recibe alimentación negativa a través del contacto Y cerrado inicialmente.
2. X cierra su contacto y alimenta el solenoide de cierre BC el cual acciona los contactos del interruptor hacia la posición de cerrar.
3. Al completar el mecanismo su desplazamiento cierra primero "a" y después "aa", "a" prepara el circuito de disparo y "aa" completa el circuito de Y el cual abre su contacto en serie con X. Por otro lado, Y se sella solo con su contacto "y" de cerrar, asegurándose en el circuito mientras C este conectado.
4. En caso de haber anomalía en el circuito, CD cierra el circuito a través de "a" e inicia la apertura del interruptor sin oposición de BC que queda desenergizada al abrir "y" el circuito X.

Esta característica hace al interruptor de disparo libre eléctricamente, lo que significa que el interruptor se abre si encuentra un fallo al cerrar, sin importar la condición de C.

5. El hecho de que "y" selle previene el antibombeo, ya que mientras está cerrado, si el interruptor dispara, no regresa hasta que el operador deje de actuar sobre C.

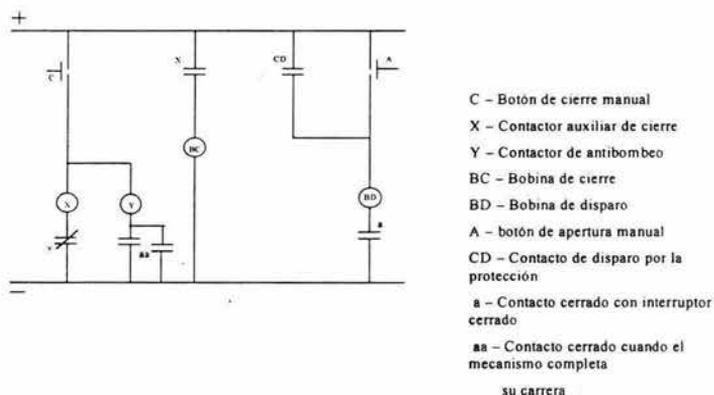


Figura 1.6.- Diagrama elemental de control de un interruptor.

1.4.3- Tipos de Interruptores.

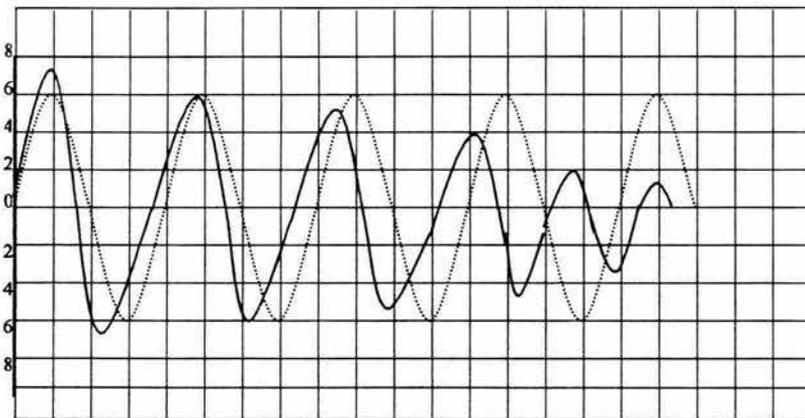
1. Neumáticos
2. En aceite
3. En Hexafluoruro de Azufre (SF6)
4. En vacío

1.- Interruptores en Aire (Neumáticos)

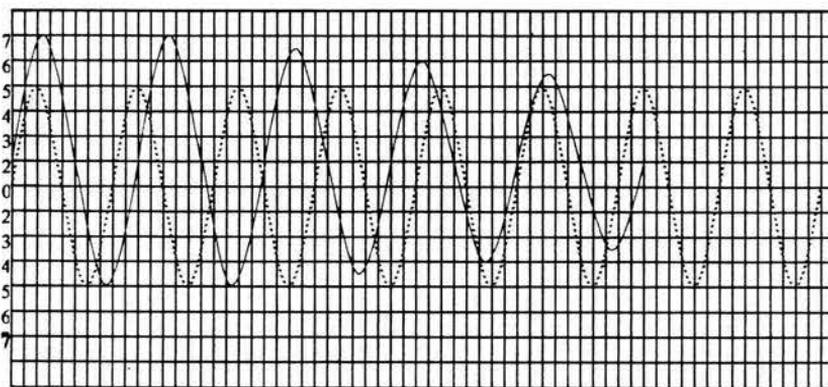
En estos interruptores el medio de extinción del arco es aire comprimido, este aire se obtiene por un sistema que incluye una o varias compresoras, un tanque principal, un tanque de reserva y un sistema de distribución en caso de ser varios interruptores. La presión de aire a la que normalmente trabajan es de 8 a 13Kgs./cm²

2.- Interruptores en aceite

Estos interruptores se clasifican en pequeño volumen de aceite y gran volumen de aceite ver figura 1.7.



CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO SIMETRICA

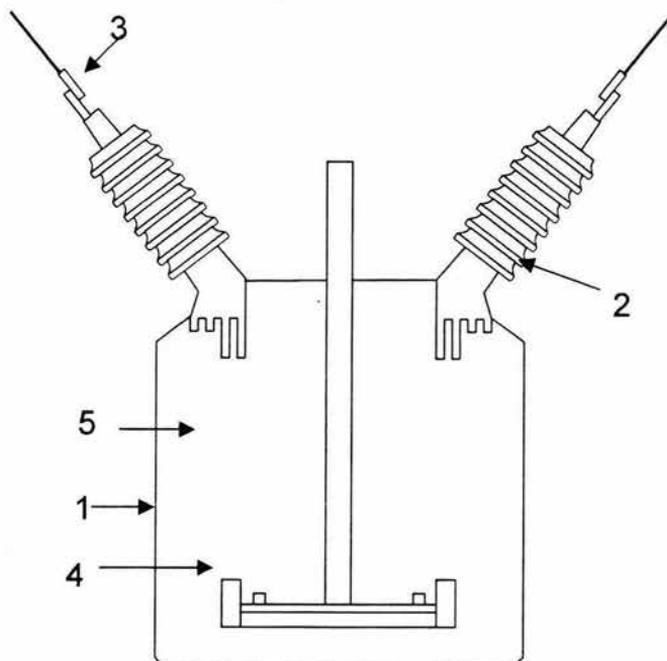


CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO ASIMETRICA

Figura 1.5.- Oscilogramas de corriente de corto circuito.

Los de pequeño volumen de aceite se construyen trifásicos debido a que trabajan en tensiones menores tales como 34.5, 23, 13.8, 6KV etcétera.

Los de gran volumen de aceite por razones de seguridad se construyen en unidades monofásicas, esto es porque las tensiones a las que trabajan son de 66KV en adelante. A la fecha en nuestro sistema de potencia existen en servicio bastantes interruptores de este tipo, una de sus desventajas es que requieren de un mantenimiento un tanto laborioso debido a que prácticamente hay que desarmarlos en su totalidad cada vez que dicho mantenimiento se requiere. La figura 1.7 muestra las partes principales de un interruptor en aceite.



- 1.-Tanque o Recipiente
- 2.-Boquillas y Contactos Físicos
- 3.-Conectores, elementos de conexión al circuito
- 4.-Vástago y contactos móviles
- 5.-Aceite dieléctrico

Figura 1.7.- Vista seccional y partes de un interruptor de gran volumen de aceite

En interruptores con medio aislante en aceite el arco que se forma durante una interrupción (ver figura 1.8), descompone el aceite generando hidrógeno el cual es un gas refrigerante que es confinado en la cámara de extinción con lo que la presión se incrementa aumentando con esto la rigidez dieléctrica, además el gas a presión atraviesa el arco para salir por los orificios de la cámara de explosión que enfría y apaga el arco.

Por tanto en un interruptor de gran volumen de aceite la capacidad interruptiva se aumenta gradualmente debido a las siguientes razones:

- La rigidez dieléctrica del aceite es mayor que la del aire a presión atmosférica.
- El arco descompone el aceite generando hidrógeno y este gas es un medio refrigerante superior al aire.

En general, el tanque se construye cilíndrico, debido a las fuertes presiones que se presentan durante la interrupción de la corriente. También el fondo del tanque lleva costillas de refuerzo para soportar estas presiones.

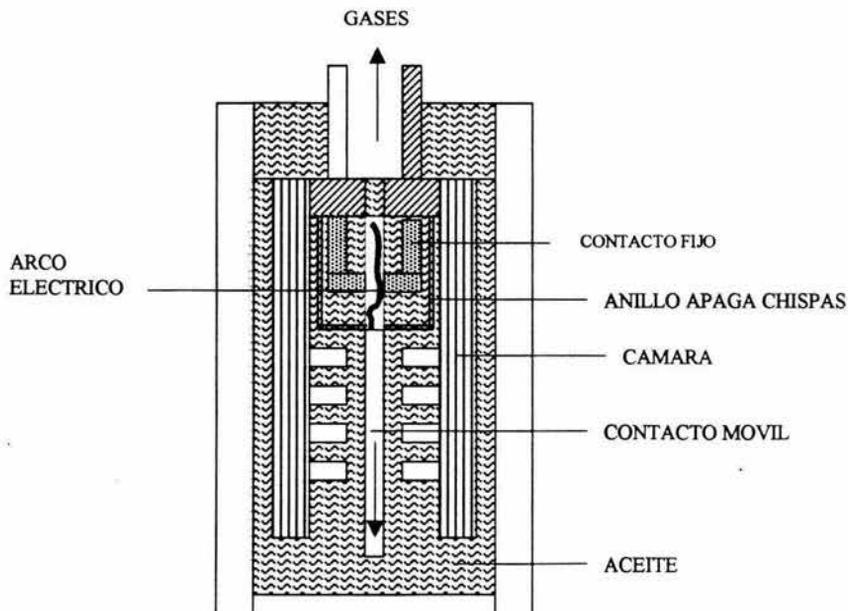


Figura 1.8 .- Vista seccional de la cámara de extinción de un interruptor en aceite.

3. Interruptores en Hexafluoruro de Azufre (SF₆).

El SF₆, es un gas estable e inerte, no reacciona con el agua, ni con ácido clorhídrico, ni con amoníaco. Normalmente (a excepción de cuando está sometido a la acción de descargas eléctricas) no ataca ningún material, no ejerce acción corrosiva en aceros inoxidable, ni sobre aluminio. En estado de pureza es inodoro, no tóxico ni inflamable.

Propiedades físicas.

El SF₆ pasa directamente de la fase sólida a la gaseosa y no existe líquido sino presión, se transporta así en cilindros, es más pesado que el aire; cumple con:

- Alta rigidez dieléctrica
- Estabilidad química
- Estabilidad térmica
- Baja temperatura de licuefacción
- No inflamable
- Alta conductividad térmica
- Inerte fisiológico
- Habilidad para extinguir el arco

Propiedades térmicas:

El SF₆ es estable hasta la temperatura de 773°K, bajo la acción de descargas eléctricas y altas temperaturas que llegan a los 3000°K y que son debido a los arcos, se descompone particularmente en fluoruros inferiores. La conductividad térmica es inferior a la del aire, pero su coeficiente global de transferencia de calor, tomando en cuenta en particular la convección es excelente, parecida a la de los gases como el hidrógeno y el helio y es mas grande que la del aire.

El calor específico del SF₆ en relación con la unidad de volumen es 3.7 más grande que la del aire; en razón de su masa específica, representa alrededor de cinco veces la del aire, esto es muy importante ya que contribuye a la reducción del equipo eléctrico.

Propiedades eléctricas

El SF₆ tiene una rigidez dieléctrica mucho mayor que la del aire y que otros gases como el nitrógeno y el bióxido de carbono. Al comprobar las propiedades del SF₆ con otros gases dieléctricos se llegó a la conclusión siguiente:

1. Los dieléctricos sólidos, bajo la acción de las descargas eléctricas, pueden ser dañados tanto superficialmente como por su masa. El SF6 no sufre alteraciones apreciables porque una buena dosis de sus productos de descomposición se regeneran espontáneamente.
2. Los dieléctricos líquidos (aceite) son generalmente inflamables tiene elevado peso específico y bajo la acción de descargas eléctricas forman productos de descomposición estables, el SF6 no es inflamable tiene bajo peso específico y no se altera en forma apreciable.

Los interruptores en extra alto voltaje, utilizan SF6, debido principalmente a su gran electronegatividad; esta propiedad consiste en absorber los electrones libres que se desprenden durante la apertura y cierre de los interruptores, lo cual facilita la extinción del arco eléctrico. El interruptor está provisto de un sistema de recirculación y un cartucho absorbedor para mantener el gas seco y remover los productos de arqueo originados por las operaciones del mismo. Cuando se tienen pequeñas cantidades de humedad libre, la producción de productos de arqueo formada es mínima.

Cuando ocurre una falla en el interior del tanque del interruptor pueden formarse mayores cantidades de fluoruros metálicos y es característico que se presente un olor a huevos podridos. La cantidad de productos de arqueo depende del contenido de humedad, ácidos y materiales que se encuentran presentes en la vecindad del arco.

Por más de 20 años, los interruptores en SF6 han sido usados exitosamente, en nuestro país estos equipos están tomando auge dadas las ventajas comprobadas que tiene. Este equipo tiene las siguientes características:

Construcción modular, transmisión simple, dimensiones y peso reducidos, ausencia de compresor de gas, prácticamente no requiere mantenimiento, ningún reencendido en la interrupción de corrientes capacitivas o de corrientes magnetizantes de transformadores en vacío con sobretensiones pequeñas, ausencia absoluta de ruido, simples de instalar y de utilizar. Estos interruptores se construyen en diferentes versiones como son:

- Como cámara sencilla hasta 245KV y 50KA.
- Como dos cámaras y columna sencilla entre 245 y 550 KV y 63 KA
- Como cuatro cámaras y dos columnas hasta 800KV y 63KA

4.-Interruptores en vacío

Para este tipo de interruptores su medio de extinción es el vacío, la cámara consta de una especie de botella o ampolla, en campo se utilizan para tensiones de 34.5, 23KV, los contactos se encuentran en el interior de la botella, cuando se produce el proceso de interrupción, se genera el arco eléctrico, el cual rápidamente se extingue ya que no existe ningún medio dieléctrico, solo se genera cierto plasma de vapor metálico en el momento de la interrupción no afectando este el funcionamiento del interruptor, los contactos se encuentran físicamente en el interior de la botella de vacío estos tienen unas muescas diagonales que en el momento de una apertura, arrastran al arco obligándolo a girar y de esta manera extinguirlo.

Una manera rápida y práctica de detectar si se ha perdido el vacío en una botella es simplemente presionando los contactos manualmente, si estos se cierran sin ninguna dificultad es que se ha perdido el vacío, entonces se procede a su reemplazo.

1.5.- Transformadores para Instrumento.

Se denomina transformadores para instrumento los que se emplean para alimentación de equipos de medición control y protección. Estos se dividen en dos clases:

1. – Transformadores de corriente.
2. – Transformadores de potencial.

1.5.1 Transformadores de Corriente.

Es aquel cuya función es cambiar el valor de la corriente de uno elevado a otro con el cual se pueden alimentar instrumentos de medición, control o protección; como ampérmetros, multímetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etcétera. Su construcción es muy semejante a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste en un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos transformadores es muy baja, se determina sumando las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar y puede ser 15, 30, 50, 60 y 70 VA.

Estos transformadores son generalmente de tamaño reducido y el aislamiento que se emplea en su construcción tiene que ser de muy buena calidad pudiendo ser en algunos casos resinas sintéticas, aceites no inflamables, etcétera.

Es muy importante que en cualquier conexión trifásica se conecten correctamente los devanados de acuerdo con su marca de polaridad y siempre conectar el lado secundario a tierra. La figura 1.9 muestra la representación de un transformador de corriente y es la que se emplea en los diagramas unifacares.

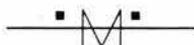


Figura 1.9.- Símbolo de un transformador de corriente

Las relaciones de transformación son de diferentes valores, pero la corriente en el lado secundario es de 5 amperes o 1 ampere.

El circuito equivalente de un transformador de corriente y su diagrama vectorial se muestra en la figura 1.11

1.5.2 Transformador de Potencial.

Es aquel cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Sirven para alimentar instrumentos de medición, control y protección que requieren señal de voltaje. Su construcción es similar a la de los TC's y su capacidad se determina sumando las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar.

Se construyen para diferentes relaciones de transformación, pero el voltaje en el lado secundario normalmente es de 115 Volts, para sistemas trifásicos se conectan de acuerdo a las necesidades, normalmente es en estrella.

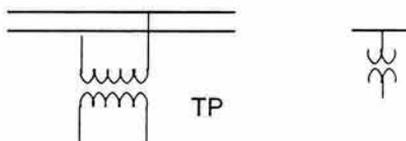


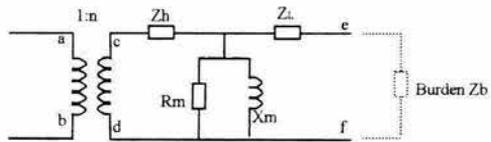
Figura 1.10.- Símbolo de un transformador de potencial

El circuito equivalente de un transformador de potencial y su diagrama vectorial se representan en la figura 1.12

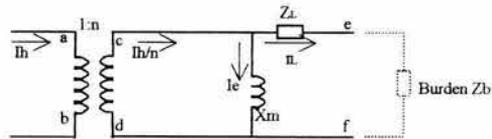
La relevancia de usar transformadores de instrumento se debe principalmente a las siguientes razones:

- ❖ Para reducir en forma precisa a través de la transformación la magnitud de la corriente y voltaje a valores que sean más fáciles de manejar por razones de seguridad para el personal.

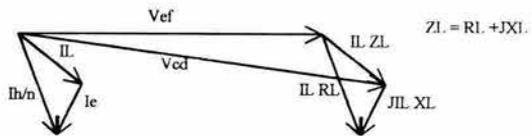
TC



a).- Circuito equivalente



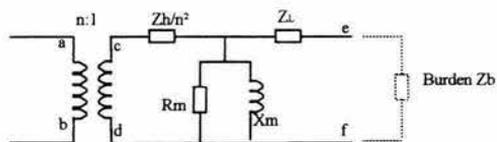
b).- Circuito simplificado



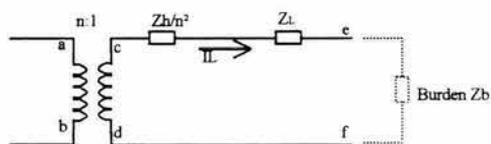
c).- Diagrama vectorial

Figura 1.11.- Circuito equivalente y diagrama vectorial de un Transformador de corriente

TP



a).- Circuito equivalente



b).- Circuito simplificado

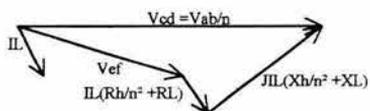


Figura 1.12.- Circuito equivalente de un Transformador de potencial y su diagrama vectorial

La clase de precisión.

Para los transformadores de instrumento, se debe designar o indicar una especificación denominada "clase de precisión" para cada uno de los burden estándar para el cual está designado.

La siguiente tabla muestra las precisiones normalizadas de acuerdo a Normas ANSI para TC's.

Para TC's

CLASE	UTILIZACIÓN
0.1	Aparatos para mediciones y calibraciones en laboratorios.
0.2 a 0.3	Mediciones de laboratorio y alimentaciones para los alimentadores de potencia.
0.5 a 0.6	Alimentación para wathhorímetros de facturación en circuitos de distribución e industriales.
1.2	Alimentación a las bobinas de corriente de los aparatos de medición en general y a los relevadores de protección diferencial, de impedancia y de distancia.
3 a 5	Alimentación a las bobinas de sobrecorriente.

Para TP's

CLASE	UTILIZACIÓN
0.1	Aparatos de medición y calibraciones de laboratorio.
0.2 a 0.3	Mediciones de laboratorio y alimentaciones para los wathhorímetros de sistemas de potencia de distribución.
0.5 a 0.6	Alimentación para wathhorímetros de facturación en circuitos de distribución e industriales.
1.2	Alimentación a las bobinas de potencial de los aparatos de medición, registradores etcétera.
3 a 5	Alimentación a las bobinas de relevadores de tensión, frecuencímetros y sincronoscopios.

1.6- Trampa de Onda.

Las líneas de transmisión también son utilizadas para la transmisión de señales de onda portadora entre 30 y 500 KHz, para telecontrol, telefonía, teleprotección, telemedición, etcétera. Comúnmente llamado Sistema de Onda Portadora (*carrier*) la bobina de bloqueo (Trampa de onda), tiene la función de impedir que las señales de alta frecuencia sean derivadas en direcciones indeseables, sin perjuicio de la transmisión de energía en la frecuencia industrial. En la siguiente figura 1.13, se observa la representación de una trampa de onda.

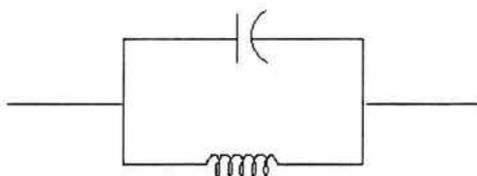


Figura 1.13.- Representación de una trampa de onda (También conocida como Bobina de Bloqueo), de acuerdo a normas ANSI.

La bobina de bloqueo, es por lo tanto, acoplada en serie con las líneas de transmisión de alta tensión, que deben ser dimensionadas para soportar la corriente nominal de la línea en la frecuencia industrial y las corrientes de corto circuito a las cuales están sujetas las líneas de transmisión. Entre las características de las bobinas de bloqueo se puede destacar:

- Alta resistencia al corto circuito
- Peso reducido
- Flexibilidad de montaje
- Excelente enfriamiento
- Dispositivos de sintonía confiables

1.6.1 Construcción.

La bobina principal conduce la corriente nominal de la línea de transmisión y es proyectada para soportar la corriente máxima de corto circuito. El arrollamiento consiste en perfiles de aluminio de sección rectangular de alta resistencia mecánica, dependiendo de la corriente uno o más perfiles son conectados en paralelo.

Cada espira es separada por trozos de fibra de vidrio, el arrollamiento es rígidamente inmovilizado por crucetas de aluminio montadas en las extremidades del arrollamiento de la bobina principal y por uno o más tirantes aislados de fibra de vidrio.

La bobina principal es de construcción robusta y liviana. Se trata de una estructura abierta, con aislamiento en aire, que resulta en excelentes propiedades de enfriamiento, debido a esta construcción no ocurren grietas en la superficie de la bobina.

a).-Dispositivo de sintonía

El dispositivo de sintonía es montado en el tirante central localizado en el interior de la bobina principal es de fácil acceso y puede ser fácilmente reemplazado, puede ser fijo o ajustable.

b).- Dispositivo de protección

El dispositivo de protección es conectado en paralelo con la bobina principal y el dispositivo de sintonía para evitar que la bobina de bloqueo sufra algún daño debido a una sobretensión transitoria. Las características del dispositivo de protección son escogidas para soportar elevadas sobretensiones transitorias, siendo que este no debe empezar a actuar debido a la tensión que surge entre las terminales de la bobina de boqueo en el caso de un cortocircuito y tampoco debe permanecer en operación después de la respuesta a una sobretensión momentánea entre las terminales de la bobina de bloqueo, causada por la corriente de corto circuito, estos dispositivos se construyen de óxido de zinc (ZnO).

1.6.2 Características de la Bobina de Bloqueo.

1. Inductancia nominal
2. Corriente nominal
3. Frecuencia industrial
4. Tensión de sistema
5. Corriente de corto circuito
6. Tipo de dispositivo de sintonía
7. Faja de frecuencia
8. Impedancia o resistencia mínima de bloqueo
9. Montaje (vertical o suspendido)
10. Orientación de las terminales
11. Condiciones de instalación (ejemplo: Requisitos sísmicos, velocidad de viento, temperatura ambiente si es por encima de 45°C, altitud de operación, si es mayor de 1000 metros sobre el nivel del mar, (3300 ft)).

1.6.3- Bobinas de Bloqueo con Sintonía Simple.

Cuando un condensador es conectado en paralelo con una inductancia relativamente baja, el resultado es un circuito resonante con elevada impedancia Z en la frecuencia de resonancia, f_r . El circuito tiene una faja de frecuencia de operación muy selectiva. Este dispositivo de sintonía ofrece un componente resistivo de la impedancia muy bajo en las extremidades de la anchura de faja, pero posee una elevada impedancia de bloqueo en la frecuencia de resonancia (muestra de curva de respuesta ilustrada en la figura 1.14).

Impedancia
ohms

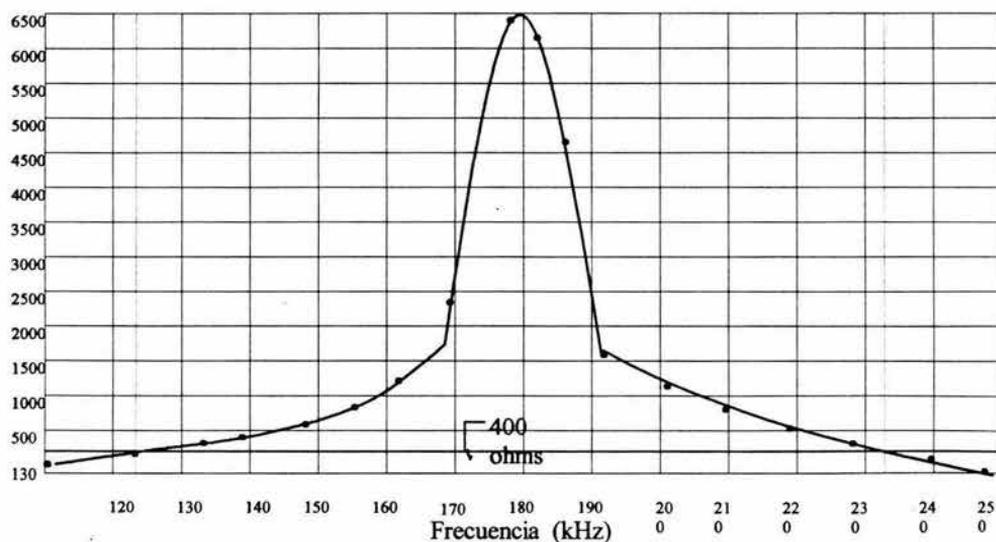


Figura 1.14.- Muestra de curva de respuesta para una bobina de bloqueo de sintonía simple

El componente resistivo mínimo deseado es obtenido amortiguándose el circuito resonante paralelo, esto es, introduciendo una resistencia en serie con el condensador de sintonía. El componente resistivo mínimo de la impedancia de bloqueo y la impedancia mínima en el modo de sintonía simple son obtenidos a través de las siguientes fórmulas:

$$R_{\min} = k\pi L(f_2 * f_1 / f_2 - f_1) \quad Z_{\min} = \sqrt{2k\pi L(f_2 * f_1 / f_2 - f_1)}$$

$$F_r = \sqrt{f_1 * f_2}$$

f_1 = límite superior de la faja

f_2 = límite inferior de la faja

donde k , es determinado en la tabla siguiente (los valores determinados de f_r , pueden ser interpolados)

Fr (kHz)	Factor k
20	0.75
25	0.76
30	0.77
35	0.78
40	0.79
50	0.82
60	0.85
60	0.87
80	0.88
90	0.89
≥100	.90

1.6.4 Bobina de Bloqueo de Banda Ancha

Para una misma frecuencia geométrica (f_r), la bobina principal ofrece el doble de la anchura de faja para un dispositivo de sintonía de banda ancha, comparado con un dispositivo de sintonía simple. El componente mínimo resistivo se establece en los límites y en el centro de la anchura de faja bloqueada.

El componente resistivo mínimo de la impedancia de bloqueo y la impedancia mínima en el modo de sintonía de banda ancha son obtenidos a través de las siguientes fórmulas:

$$R_{\min} = k2\pi L(f_2 * f_1 / f_2 - f_1) \quad Z_{\min} = \sqrt{2 * k2\pi L(f_2 * f_1 / f_2 - f_1)}$$

donde k , es determinado de la misma tabla que para la sintonía simple.

1.7.- Transformador de Potencial Capacitivo.

Es un equipo de transformador de tensión. Se conecta a las líneas de alta tensión a través de un capacitor de acoplamiento para suministrar una señal de baja tensión, para la operación de instrumentos de medición y protección. En la siguiente figura se observa la representación de un TPC.



Figura 1.15.- Símbolo del Transformador de Potencial Capacitivo de acuerdo a normas ANSI.

Físicamente el TPC es un ensamble de uno o varios módulos de capacitores conectados en serie, montados sobre un gabinete con aceite que contiene el transformador inductivo el reactor de compensación, el circuito supresor de la ferorrresonancia, la cuchilla de puesta a tierra del potencial y los dispositivos de protección. Cuando se equipa con accesorios *carrier* se incluye la bobina de drenaje, un explosor de protección y una cuchilla de puesta a tierra de la señal *carrier*. En la caja secundaria el usuario tiene acceso a las terminales de baja tensión sin peligro y a la terminal *carrier*.

1.7.1 Condiciones de Seguridad.

Estos transformadores contienen en la parte inductiva aceite mineral biodegradable para transformador (aprox. 78 lts) y en la parte capacitiva contienen aceite Ekonol IV (de 10 a 120 litros, dependiendo del aparato). Aunque estos líquidos no son peligrosos para la salud, si por alguna causa del transformador, es necesario que este sea recogido y confinado en recipientes adecuados para evitar el riesgo de que sea lanzado al sistema de alcantarillado. Son equipos delicados, condición que deberá observarse durante las maniobras de transporte e instalación.

1.7.2-Descripción Técnica.

El Transformador de Potencial Capacitivo, está formado por un divisor capacitivo (de uno o varios módulos) y una unidad electromagnética diseñados e interconectados de tal forma que la tensión secundaria es directamente proporcional y está en fase con la tensión aplicada al divisor capacitivo para todos los valores de carga secundaria nominal del transformador.

El transformador de potencial capacitivo está concebido para conexión en sistemas eléctricos, de alta tensión, entre fase y tierra para suministrar un nivel adecuado de baja tensión para realizar funciones de medición control y protección.

El divisor capacitivo contiene varias unidades capacitivas conectadas en serie, cada unidad es fabricada con papel y polipropileno dieléctricos de alta pureza y hojas de aluminio que forman los electrodos. Estas unidades son ensambladas para formar una columna capacitiva localizada dentro del aislador de porcelana, que en conjunto es llamado módulo capacitivo, cada módulo es secado mediante un proceso de temperatura y vacío. Posteriormente es impregnado con aceite de una alta rigidez dieléctrica apropiadamente desgasado y secado.

Las juntas están hechas de hule sintético resistente al aceite y a la contaminación atmosférica externa. Un diafragma llamado membrana de expansión por cada módulo capacitivo, permite al aceite expandirse libremente de acuerdo a la temperatura ambiente, esta membrana es ajustada en fábrica y este ajuste depende de las condiciones de servicio solicitadas por el cliente.

La unidad electromagnética se encuentra localizada en un tanque metálico hermético impregnado con aceite. En este se aloja un transformador de potencial, un reactor de compensación, un dispositivo especial que protege contra sobretensiones y también otro que suprime los efectos de ferresonancia.

Las terminales secundarias y de tierra, fusibles y accesorios *carrier* están localizados en una caja metálica que permite fáciles conexiones para el usuario. Todas las partes metálicas deben estar galvanizadas para prevenir la corrosión.

La figura 1.16 muestra el diagrama de conexiones de un TPC, en forma general, observándose todos los componentes y conexiones, ya que en función de las necesidades del usuario puede ser suministrado desde uno hasta tres secundarios. Todas las calibraciones se realizan en fábrica, es conveniente al adquirir un TPC incluir los protocolos de prueba del fabricante, para poder comparar los resultados de pruebas obtenidos en campo contra los resultados de pruebas en planta. Los TPC para todas las gamas de tensiones, son ensamblados para transporte en posición vertical.

En las subestaciones de alta tensión, es muy común el uso de aisladores compuestos de material cerámico tipo cilíndrico, los cuales soportan barras de aluminio o cobre que son los buses rígidos de la subestación y de los cuales derivan los diversos circuitos o alimentadores que dicha subestación contenga.

Cuando se tienen acometidas con cable desnudo principalmente de aluminio o cuando se construyen líneas de transmisión elevadas, es necesario el uso de cadenas de aisladores de vidrio y de algunos herrajes para dar el aislamiento adecuado y la flexibilidad de manejo. En la figura 1.17 se muestra un arreglo para una conexión con cable en 400 Kv.

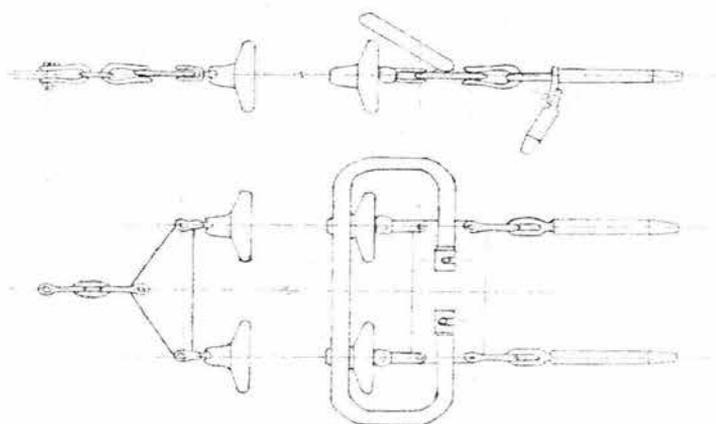


Figura 1.17 .- Arreglo de una cadena de aisladores con herrajes para buses de cable de 400kv.

Cada unidad que forma estas cadenas tiene las siguientes características:

Aislador de 253 mm (10") de diámetro, por 146 mm (5¾"), tipo suspensión de vidrio templado con calavera y bola, para formar cadenas de tensión y suspensión, cada una con una resistencia de 8164 Kilogramos (18000 Libras).

1.9.- Materiales Misceláneos para Buses.

Estos materiales son los siguientes:

- Separador para dos cables ASCR de 1113 MCM. Atornillables
- Tapón anticorona para tubo de aluminio para evitar el efecto corona en los buses de tubo de 127mm (5") de diámetro nominal.
- Tapón anticorona para tubo de aluminio para evitar el efecto corona en los buses de tubo de 63.5mm (2½") de diámetro nominal.
- Tubo de aluminio de 63.5 mm (2½") de diámetro nominal, 73.02 mm (2⅞") de diámetro exterior, peso 2.98 Kg/m, capacidad 1790 amperes, longitud 6.10 metros.
- Tubo de aluminio de 126.99 mm. (5") de diámetro nominal, peso 7.49 Kg/m, capacidad 3660 amperes, longitud 6.10 metros.
- Conector zapata atornillable a planchuela 4 nema para tubo de 63.5 mm (2½") de diámetro nominal.
- Conector de expansión soldable para tubo de aluminio de 126.99 mm (5") de diámetro nominal.
- Conector de expansión soldable para tubo de aluminio de 63.5 mm (2½") de diámetro nominal.
- Cable de aluminio con alma de acero (ACSR), torcido concéntrico en temple duro, de 603mm² (1113MCM), tipo Blue Jay. Formado por 45 hilos de aluminio de 3.995mm (0.1573") de diámetro y 7 hilos de acero galvanizado de 2.662 mm (0.1049") de diámetro, resistencia nominal a CC y 20°C 0.0511Ω/Km, capacidad 1110 amperes. El cable completo deberá tener una resistencia mínima a la ruptura de 14016 Kilogramos, peso de 1.870 Kg/m.

1.10.- Cable de Control y Fuerza.

1.10.1- Cable de Control.

Este cable se utiliza principalmente para la interconexión en baja tensión de los equipos de control protección y medición que se encuentran alojados en los tableros, gabinetes propios, gabinetes auxiliares y cajas de secundarios de transformadores de instrumento.

Las características principales de este cable son las siguientes:

Cada conductor está formado por siete hilos de cobre, forrado con polietileno y protegidos por una capa de PVC (policloruro de vinilo), torcido clase B, el aislamiento deberá soportar una temperatura continua de 90°C y una tensión máxima de 1000 volts, sobre los conductores deberá tener una pantalla de material no higroscópico, y sobre esta una cinta de cobre que servirá de blindaje electrostático.

Se utiliza en diverso número de conductores y calibres tales como: 2 x 12, 2x10, 2 x 8, 4 x 12, 4 x 10, 4 x 8, 6 x 12, 6 x 10, 6 x 8, 10 x 12, 10 x 10. El primer número indica el número de conductores, el segundo indica el calibre en AWG.

Su instalación preferentemente es en trincheras, ductos, charolas o tubos conduit pared gruesa, con el fin de que tengan protección mecánica y estén protegidos del exterior.

Las funciones que estos cables llevan son:

- ✓ Alimentación de corriente alterna
- ✓ Alimentación de corriente directa
- ✓ Señalización
- ✓ Alarmas
- ✓ Control
- ✓ Disparos

1.10.2.- Cable de Fuerza.

Este cable está formado por siete hilos de cobre suave, torcido clase B, con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC), para trabajar a 90°C y 600 volts, su instalación se realiza para trabajar en interiores.

Se utiliza en varios calibres como se muestra en la siguiente tabla:

CALIBRE AWG	RESISTENCIA C.C. 25°C	AMPERES
4/0	0.17 Ω /Km	385
2/0	0.27 Ω /Km	285
1/0		
2		
4	0.85 Ω /Km	140
6	1.35 Ω /Km	105
8	2.15 Ω /Km	80
10	3.41 Ω /Km	40

Las funciones para las cuales este cable se utiliza son:

- ✓ Alimentación de corriente alterna para alumbrado exterior.
- ✓ Alimentación de corriente alterna para servicios de mantenimiento.
- ✓ Puentes entre tableros de servicios de corriente alterna y corriente directa.
- ✓ Alumbrado interior en casetas y sala de tableros
- ✓ Interconexiones entre bancos de baterías y cargadores rectificadores.
- ✓ Alimentación para motobombas y ventiladores de transformadores de potencia.
- ✓ Conexiones en transformadores de servicios de estación

CAPÍTULO II.

SELECCIÓN DEL ARREGLO PARA MONTAJE DEL EQUIPO.

Esta parte la comenzaremos con la selección del diagrama unifilar y para ello describiremos brevemente lo que es un diagrama unifilar.

Un diagrama unifilar es aquel que indica por medio de líneas sencillas y símbolos simplificados el arreglo o configuración de los circuitos de fuerza del sistema y los aparatos conectados a ellos, es una herramienta muy útil en la planeación de un sistema eléctrico, es el punto de partida para elaborar los diagramas mas complejos como son los de control, protección y medición.

II.1 - Criterios a Utilizar para la Selección del Diagrama Unifilar.

Los siguientes criterios son importantes para la selección del diagrama unifilar, dependiendo de la importancia del servicio, es como de alguna manera se dispone de los siguientes criterios.

- II.1.1 Continuidad del servicio.
- II.1.2 Flexibilidad de operación.
- II.1.3 Facilidad para mantenimiento.
- II.1.4 Cantidad de equipo necesario.
- II.1.5 Volumen de energía en las barras.
- II.1.6 Tipo de subestación.

II.1.1 - La Continuidad del Servicio.

Este concepto se maneja como la seguridad que puede tener el usuario de que el servicio se de con un mínimo de interrupciones y cuando estas se presenten, sean de una duración mínima, la continuidad depende de varios factores como son:

- La disposición del equipo
- La calidad de los suministros
- Equipo de reserva
- Reserva en bancos de transformación y en las barras
- Uso de sistemas de protección automáticos
- Uso de fuentes de alimentación de emergencia

II.1.2 - La Flexibilidad de Operación.

La flexibilidad es un concepto con el cual se trata de expresar hasta que punto puede una subestación modificar sus condiciones normales de operación, ya sea por mantenimiento, por adición de equipo debido al aumento de las cargas o por fallas.

II.1.3 – Facilidad para Mantenimiento.

En este concepto deben cumplirse prácticamente dos condiciones:

Primero: Hasta donde sea posible no debe perderse la continuidad del servicio.

Segunda: Debe existir flexibilidad de operación y espacios para accesos y maniobras con el fin de poder realizar acciones preventivas y correctivas.

II.1.4 – Cantidad de Equipo Necesario.

Este concepto es importante, independientemente del equipo que se requiere para cumplir con el arreglo que se haya elegido, debe existir equipo de reserva y refacciones, de ser necesario herramientas especiales, ya sea para reemplazar equipos fallados, o por necesidades de mantenimiento.

II.1.5 – Volumen de Energía en las Barras Colectoras.

Este concepto se expresa como la capacidad en KVA o MVA en las barras de una subestación y se obtiene sumando las capacidades de los transformadores y los alimentadores de línea conectados a la barra. Este es uno de los elementos que determinan el grado de flexibilidad y de confiabilidad requerido y en consecuencia influye en el arreglo de las barras.

II.1.6 – El Tipo de Subestación.

De acuerdo con la función para la cual se diseña una subestación, se pueden clasificar como: de enlace, radiales, de anillo, elevadoras (comunes en las centrales eléctricas), reductoras y de switcheo. (ver figura 2.1).

Se dice que una subestación es de enlace, cuando se interconecta a una o varias subestaciones que permiten el respaldo.

Las subestaciones son radiales cuando no se conectan con otras subestaciones, o sea, cuando la fuente de alimentación proviene de un solo lugar.

Se dice que una subestación es de anillo cuando se interconecta con otras subestaciones que a su vez están interconectadas entre si.

La subestación es elevadora cuando tiene transformadores de potencia que elevan el nivel de tensión. Generalmente este tipo de subestaciones se encuentran en las centrales generadoras en donde las tensiones de generación son bajas para transmitir a grandes distancias y, entonces es necesario elevar las tensiones de generación (6.6, 13.8, 15, 18, 22 KV) a niveles de tensión de 85,115, 230, 400 KV.

La subestación es reductora, cuando los transformadores de potencia reducen los niveles de tensión por ejemplo de transmisión (400, 230, 115KV) a subtransmisión (85, 69KV) o de subtransmisión a distribución (34.5, 23KV) o bien de utilización (6.6, 4.16, 2.4, 0.48, 0.44, 0.22, 0.127kv)

Se dice que la subestación es de switcheo, cuando no transforma voltaje, es decir no tiene transformadores de potencia y solo sirven para operaciones de maniobra, es decir, conexión y desconexión de líneas.

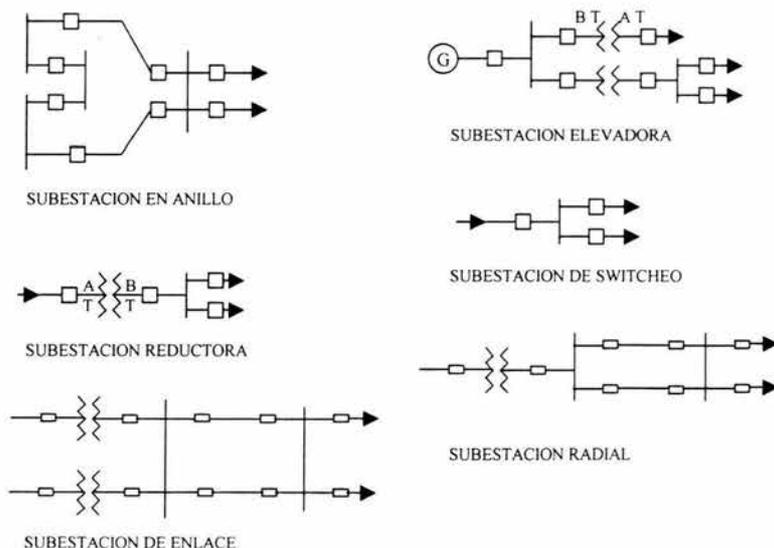


Figura 2.1.- Diagramas unifilares de diversos tipos de subestaciones.

11.2 – Diagramas Unifilares.

Los arreglos mas comunes de diagramas unifilares en subestaciones de potencia son:

11.2.1- Barra Simple.

Este arreglo comprende un solo juego de barras colectoras. En condiciones normales de operación todas las líneas y transformadores están conectados a una sola barra y en un momento dado dependiendo de la generación o la carga se puede dividir en dos, por medio de cuchillas de enlace, en este tipo de arreglo se puede observar que los parámetros de flexibilidad y continuidad no son buenos. Si se considera que se tiene protección en la barra, al operar dicha protección, todos los circuitos se desconectan acarreado con esto una desconexión total de la subestación y si en un momento dado se requiere dar mantenimiento al equipo, es necesario realizar la desconexión total del equipo acarreado con esto perdida de carga. Un dibujo de este arreglo se presenta en la figura 2.2.

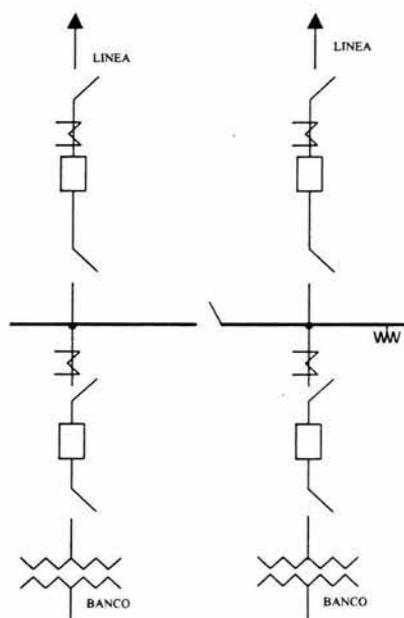


Figura 2.2.- Diagrama unifilar de un juego de barras colectoras.

II.2.2 – Barra Auxiliar y Comodín

También conocido como Doble barra con interruptor comodín. En condiciones normales de operación, todas las líneas y los transformadores están conectados a una sola barra y la otra se utiliza como auxiliar para poder sustituir cualquiera de los interruptores de circuito por el comodín.

Con este arreglo, una protección de la diferencial de barras desconectará todos los circuitos, al igual que el arreglo anterior la desconexión de la subestación es total. Sin embargo, ofrece cierto índice de flexibilidad en la operación ya que en condiciones de mantenimiento de equipo, el comodín sustituye al interruptor en cuestión dando con esto cierta continuidad en el servicio. Un dibujo de este arreglo se presenta en la figura 2.3

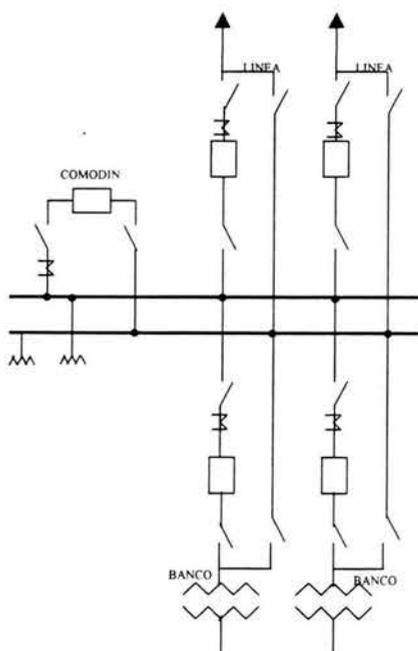


Figura 2.3.- Diagrama unifilar doble barra con interruptor comodín.

II.2.3 – Doble Barra con Interruptor de Amarre.

En este tipo de arreglo, la mitad de los circuitos están conectados a una barra, la otra mitad se conecta a la otra barra, en este caso el interruptor de amarre actúa siempre cerrado, cada barra tiene su propia protección diferencial, en el caso de que esta protección opere, solo se desconectan los circuitos que están conectados a la barra afectada, no perdiendo así el total de la carga. Es un tanto mas confiable que el de comodín, pero presenta dificultades para su operación dadas las maniobras que se deben realizar para la transferencia de carga. Un dibujo de este arreglo se muestra en la figura 2.4

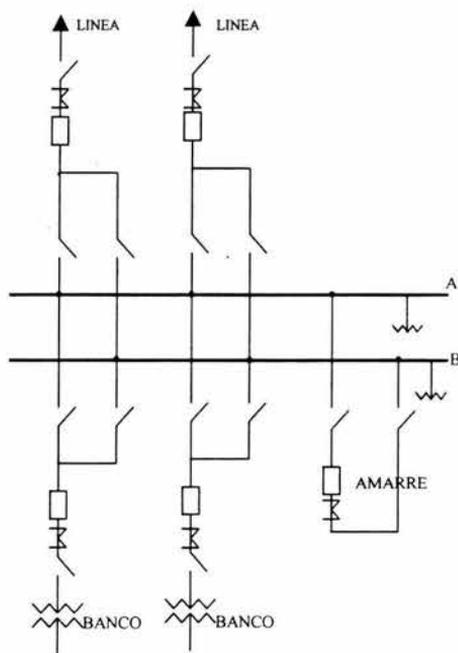


Figura 2.4.- Diagrama unifilar de arreglo doble barra con interruptor de amarre.

II.2.4 – Interruptor y Medio.

Para este tipo de arreglo, en condiciones normales de operación, todos los interruptores están cerrados. Cada juego de barras colectoras tiene su propia protección diferencial de barras, en caso de una operación de esta protección sólo se desconecta el juego afectado abriendo los interruptores correspondientes, debido a este arreglo, no se desconectarán ninguna línea ni ningún transformador.

Las ventajas de este arreglo son evidentes, ofrece flexibilidad para operación y mantenimiento, sin perder carga o desconectar circuitos, en caso de contingencia por cualquier operación de las protecciones de los circuitos, no se aíslan las barras lo que permite que la energía siga su flujo dando con esto un alto índice de confiabilidad. Este tipo de arreglo es ideal en subestaciones donde se requiere un alto índice de continuidad del servicio, En la figura 2.5 se muestra un diagrama de esta arreglo y una de sus variantes.

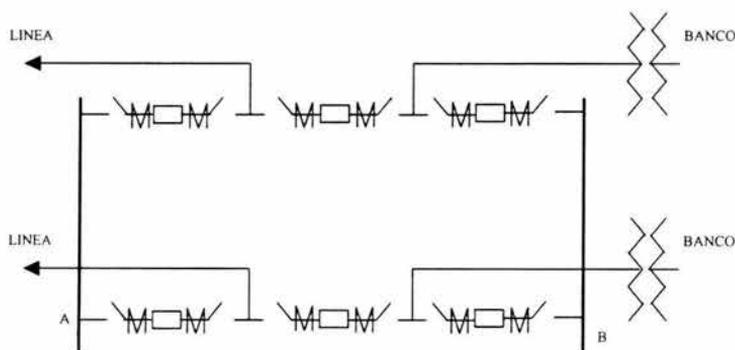


Figura 2.5.- Diagrama unifilar de arreglo interruptor y medio

II.2.5 - Doble Barra Doble Interruptor.

Al igual que el arreglo de interruptor y medio este arreglo es muy flexible en cuanto a operación y mantenimiento, por operación de las protecciones de las barras, no se pierde la continuidad del servicio, por lo que ofrece mucha confiabilidad en todos los aspectos, sin embargo, este arreglo requiere de mas equipo por circuito por lo que de todos los aquí analizados este es el mas caro. En la figura 2.6 se muestra un diagrama de este arreglo.

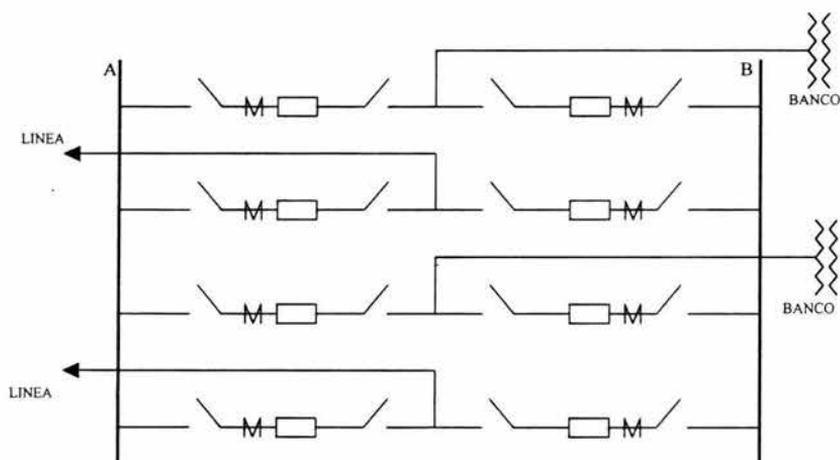


Figura .2.6.- Diagrama unifilar del arreglo doble barra doble interruptor

II.3 – Selección del Arreglo para Montaje.

En función del análisis anterior, concluimos que el arreglo adecuado para el montaje del equipo es el de interruptor y medio ya que cumple con las condiciones de flexibilidad de operación, confiabilidad y la continuidad del servicio, que son parámetros primordiales para el funcionamiento de un sistema de potencia; como es el caso del anillo de 400 KV a través del cual recibimos la mayor cantidad de generación que se requiere para el soporte de la carga que representa el sistema central de nuestro país.

En la figura 2.7 se muestra el diagrama unifilar definitivo con la distribución del equipo de potencia, y con la simbología del equipo de acuerdo a normas ANSI.

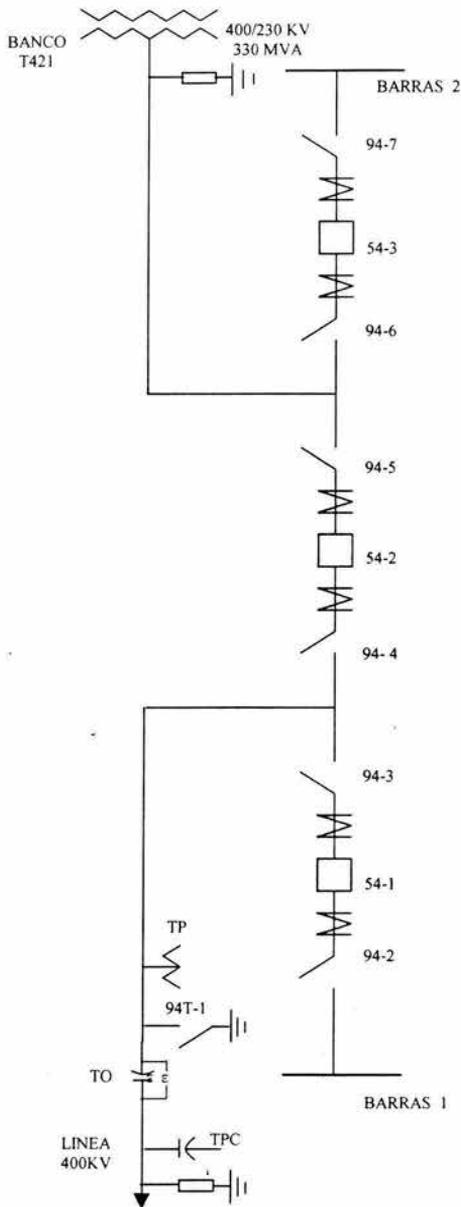


Figura 2.7.- Diagrama unifilar de interruptor y medio para una línea de transmisión y un banco de potencia.

CAPÍTULO III.

REALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE MONTAJE.

III.1 - Descripción del Sistema Utilizado.

Para la elaboración del programa de montaje del equipo eléctrico, se utilizó un sistema (*software*) de administración de proyectos llamado *Microsoft Project* que es versátil, de fácil utilización y trabaja en ambiente *Windows*.

Este sistema puede aplicarse a diferentes ámbitos, tales como:

- Construcción
- Desarrollo de productos
- Control de producción
- Sistemas
- Planificación de eventos
- Investigaciones

III.2 - Herramientas de Project.

Project es una aplicación que se basa en la programación o método del camino crítico para resolver los problemas de administración de proyectos. Este sistema de programación fue creado en los años 50 del siglo pasado por Dupont Corporation y Remington Rand la idea era mejorar las técnicas existentes para la programación de proyectos.

Project como sistema de programación de proyectos, también incorpora los diagramas de GANTT y de PERT.

El Diagrama de GANTT debe su nombre a su inventor, Henry L. Gantt, quien desarrolló esta herramienta de administración de proyectos para poder presentar gráficamente las actividades a lo largo de una escala temporal. Inicialmente fue llamado diagrama de barras porque utiliza barras para mostrar la duración de las tareas que conforman un proyecto.

El Diagrama de PERT, también conocido como diagrama de red fue desarrollado en los años 50, por la marina de los Estados Unidos para administrar el proyecto del submarino atómico *Polaris*. En aquel entonces trabajando en dicho proyecto había 250 contratistas directos y mas de 9000 subcontratistas, que suponían gran cantidad de recursos y factores humanos y , por tanto, era preciso encontrar una nueva técnica para desarrollar el proyecto con eficacia bajo un nivel razonable de coste y tiempo.

En colaboración con la casa Booz, Allen y Hamilton, se iniciaron los conceptos básicos del sistema PERT (Project Evaluation and Review Technique), como instrumento de planificación, comunicación, control e información. El resultado de la aplicación de esta nueva técnica fue el ahorro de dos años en un proyecto de cinco de duración total.

Este tipo de diagrama se vale de recuadros llamados nodos que contienen la información básica de las tareas, los nodos aparecen con líneas que indican la relación existente entre ellas. Un ejemplo de este diagrama se muestra a continuación en la figura 3.1

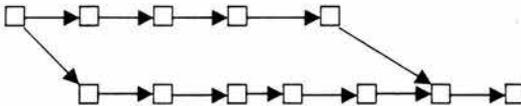


Figura 3.1

El sistema de camino crítico consiste en un modelo matemático que calcula la duración de un proyecto basándose en la duración de cada una de las tareas en particular y en sus dependencias y finaliza con la identificación de las tareas que son críticas.

Una tarea es crítica cuando la duración de la misma influye en la finalización del proyecto

En la figura 3.2 siguiente se puede observar un diagrama que muestra las tareas que conforman un proyecto y la realización de las mismas.

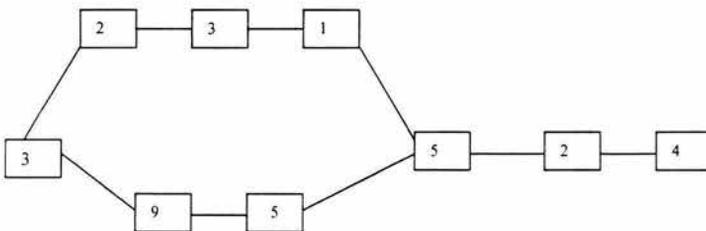


Figura 3.2.- Tareas de un proyecto con sus dependencias y tiempos

Para establecer el camino crítico lo que significa identificar a las tareas críticas, es preciso sumar la duración de cada una de las tareas. En el ejemplo anterior, se observa que tiene dos ramales, existen dos cálculos de dichos tiempos, tal como se puede apreciar en la figura 3.3 el método del camino crítico toma la duración más larga, es decir, que de dos grupos de tareas que pueden ejecutarse simultáneamente, toma la que dura más tiempo.

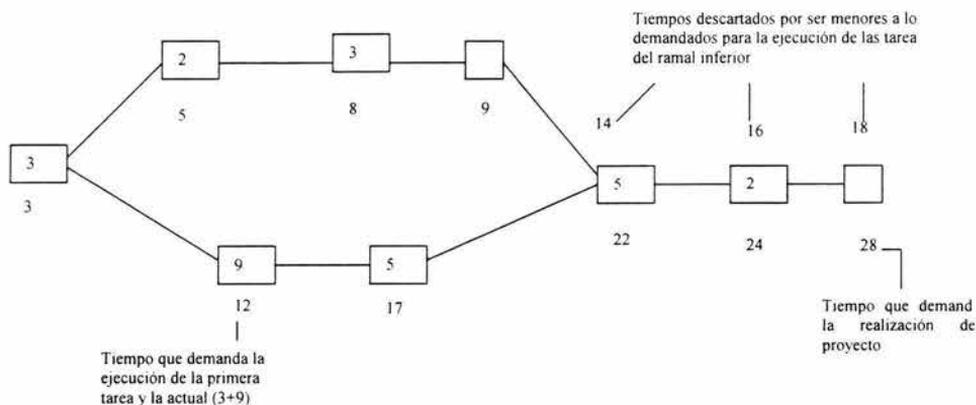


Figura 3.3.- Cálculo de la duración del proyecto

Para calcular el camino crítico se debe retroceder por el diagrama, tomando en cuenta el tiempo total del proyecto. Para este ejemplo el tiempo total del proyecto es de 28 días, y a este se le debe restar el tiempo que demanda la ejecución de la última tarea. Este nuevo valor determina la duración del proyecto sin tomar en cuenta la última tarea. Si el número devuelto coincide con el tiempo acumulado que tiene la anteúltima tarea, esta es una *tarea crítica* y pasa a formar parte del *camino crítico*. Luego se continúa con el mismo procedimiento por el resto de las tareas. La figura 3.4 muestra los resultados de los cálculos y como consecuencia, el camino crítico, formado por las tareas cuyos tiempos de duración afectan a la finalización del proyecto. En la figura 3.4 puede observarse el tiempo acumulado (que se había calculado anteriormente) y una barra separándolo del valor resultante de la resta del valor acumulado menos el tiempo de duración de cada una de las tareas. En el ramal superior el total acumulado no es igual al último calculado; esto significa que dichas tareas no son críticas.

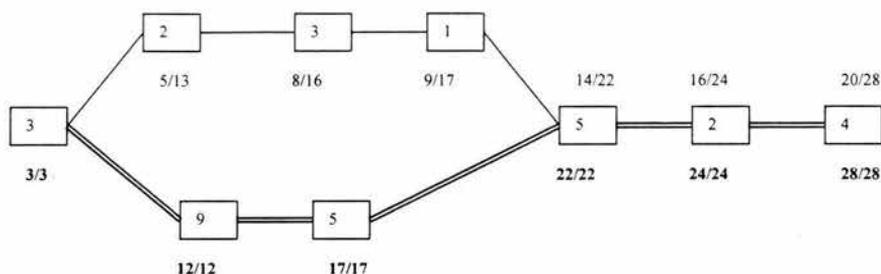


Figura 3.4.- Cálculo del camino crítico

Por omisión *Project* utiliza el Diagrama de *Gantt* para administrar los proyectos que se realizan con esta aplicación, pero luego puede cambiar a cualquiera de los distintos tipos de visualización (PERT o calendario) para observar las distintas relaciones existentes entre las tareas y su planificación (día por día).

III.3 – Como Ingresar a Project.

Para iniciar las tareas con *Project* se debe proceder de la misma manera que lo haría con cualquier aplicación del entorno *Windows 95* ó *98*.

1. Haga clic en el botón **Inicio** de la barra de tareas.
2. Haga un clic en la opción **programas** y aparecerá el icono de *Project*.
3. Haga clic en el icono de *Project* y aparecerá, sobre la ventana del programa, un cuadro indicando que, para crear un proyecto, puede utilizar el Asistente para planificación.
4. Haga clic en el botón **cerrar** y aparecerá un segundo cuadro que representa al asistente para planificación.
5. Si no desea observar estos dos cuadros al ingresar a *Project*, puede marcar la opción **no volver a mostrar esta pantalla al inicio**.
6. Haga un clic en el botón de **cerrar** que aparece en el ángulo superior derecho del cuadro.

Project maneja cuatro unidades de tiempo para la programación de las tareas. Es por ello que si se necesita utilizar una duración temporal con una "unidad de tiempo" diferente, *debe indicar el número y luego la unidad de tiempo que utilizará.*

- **m** Minutos
- **h** Horas
- **d** Días
- **s** Semanas

Project asume que la cantidad de horas que se trabaja en el día es de ocho horas, por lo tanto estima que $0.5d = 4h$. **Elija siempre la forma más clara posible para expresar la duración de las tareas.**

Project provee de cuatro tipos de relaciones como puede verse en la figura 3.5, para que se utilicen en la programación de un proyecto. Estas relaciones vinculan las tareas tomando en cuenta las fechas de comienzo y fin, y según el tipo elegido, las tareas pueden ser críticas o no críticas. Los tipos de relaciones o vínculos entre las tareas que se reflejan en la tabla de entrada, en la columna Predecesoras, utilizando las abreviaturas que las representan. Las siglas o abreviaturas que se utilizan para indicar el tipo de relación son las siguientes:

FC Final – Comienzo

Indica que la tarea comienza cuando finaliza la anterior.

CC Comienza – Comienzo

Indica que la tarea comienza conjuntamente con la anterior.

FF Final – Final

Significa que la tarea finaliza cuando finaliza la anterior.

CF Comienzo - Final

Significa que la tarea finaliza cuando comienza la anterior. Es el tipo de relación menos utilizada. Porque no exhibe claramente la vinculación entre las tareas e indica un error en orden en que fueron ingresadas las tareas.



Figura 3.5.- Cuatro tipos de relaciones reflejadas en el diagrama de *Gantt*.

Project provee dos técnicas para manejo de tareas de un proyecto, estas establecen adelantos o demoras en las tareas a las cuales se aplican esta técnicas que son las siguientes:

4FC+2d

4FC-50%

La primera indica una **Demora** en la tarea, y la segunda indica un **Adelanto** en la tarea. Debe cuidarse la sintaxis, estas técnicas se ingresan en la columna de Predecesoras. Como puede verse en la figura. 3.6

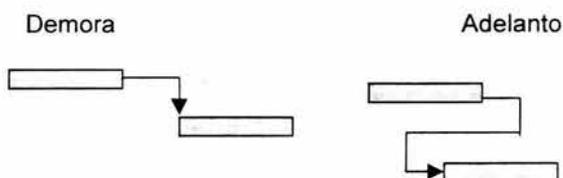


Figura 3.6.- Representación gráfica de adelantos y demoras

III.4 - Costos Unitarios.

Para la elaboración de los costos unitarios en este trabajo se consideró lo siguiente:

De manera particular, se realizó un análisis de tiempos y movimientos, elaborándose y cuantificándose, como se muestra en cada una de las rutas críticas (ver Anexo 1) que se procesaron en la computadora utilizando el programa que en este capítulo se describe.

El reporte que aparece por actividad esta elaborado en Excel y muestra el total de las horas hombre empleadas por actividad (ver Anexo 1), el recurso humano necesario, los costos están referidos al año 2000 y la cantidad de jornales que son de ocho horas.

- 3.4.1 - Montaje de un Aislador soporte de Bus.
- 3.4.2 - Montaje de una Trampa de onda.
- 3.4.3 - Montaje de 3 TC's o 3 TP's.
- 3.4.4 - Montaje de un Transformador de Potencial Capacitivo.
- 3.4.5 - Montaje de un Interruptor de Potencia.
- 3.4.6 - Montaje de 3 Apartarrays.
- 3.4.7 - Montaje de un juego de Cuchillas Desconectadoras.
- 3.4.8 - Instalación de 12 metros de Bus de tubo de aluminio.

- 3.4.9 – Instalación de Alumbrado exterior.
- 3.4.10 – Montaje del Tablero de Servicio de Estación Exterior.
- 3.4.11 – Instalación de Alumbrado en Salón de Tableros.
- 3.4.12 – Instalación de un Banco de Baterías y cargador de 48 o 125 V.
- 3.4.13 – Instalación de 200 metros de Bus de cable ACSR 1113 mcm.
- 3.4.14 – Instalación de 200 metros de Hilo de Guarda.
- 3.4.15 – Conexión de 20 puntas de Cable de Control y/o Telefónico.
- 3.4.16 – Conexión de 2 puntas del Sistema de Tierras a Equipo o Estructura.
- 3.4.17 – Instalación de 20 metros de Cable de 4/0 para Malla de Tierras.
- 3.4.18 – Montaje de un Tablero o un Gabinete Auxiliar.
- 3.4.19 – Salón de Tableros.
- 3.4.20 – Instalación de Charolas y/o Soportes de Cable de Control.
- 3.4.21 – Tendido de 200 metros de Cable de Control.
- 3.4.22 – Instalación de 15 metros de Tubería conduit o Ducto cuadrado.
- 3.4.23 – Instalación de Herrajes .

III.5 – Elaboración del Programa de Montaje del Equipo.

Para la elaboración del programa se consideró lo siguiente:

- Jornada normal de ocho horas.
- Semana de 40 horas.
- 46 personas operativas en promedio.
- La obra eléctrica se inicia considerando que la obra Civil y Mecánica han terminado.
- El tiempo de duración de la obra es de 20 semanas.
- Se considera el apoyo de vehículos para transporte y maniobra.
- Los costos Unitarios aquí expuestos.

En el Anexo 1, se muestra el Programa de Montaje hecho en *Microsoft Project*.

III.6 - Formatos Complementarios.

3.6.1- Tabla de Avances Programados por Actividad.

3.6.2- Tabla de costos del Equipo mayor requerido.

3.6.3- Gráfica de Personal Operativo por semana.

3.6.4- Tabla de Personal requerido.

Las Tablas aquí mencionadas se exponen en el anexo 1.

CAPÍTULO IV.

PRUEBAS DE CAMPO AL EQUIPO.

Un equipo eléctrico en una subestación se prueba antes de su montaje (pruebas preliminares) para saber el estado de sus aislamientos, después de su montaje (pruebas de recepción), para entrega a los encargados de su operación y mantenimiento.

Todo este conjunto de pruebas al equipo de la subestación, es con el objeto de tener una confiabilidad mayor al ponerlo en servicio y evitar riesgos o daños al mismo, que en un momento dado podrían destruirlo completamente.

Las principales pruebas a efectuar durante su montaje, son las dieléctricas, ya que los materiales aislantes en un equipo son la garantía para tener la seguridad de que no habrá fallas después de su instalación.

Todas las pruebas están especificadas en normas nacionales e internacionales, son específicas para cada equipo, existen comités de normas en cada país, así como las internacionales.

En la siguiente tabla se muestran las normas que se manejan en algunos países:

MÉXICO	CCONNIE	COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA ELECTRICA
U.S.A.	NEMA	NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION
U.S.A.	ANSI	AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE
U.S.A.	ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
U.S.A.	ASA	AMERICAN STANDARD ASSOCIATION
INTERNACIONAL	IEC	INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
ALEMANIA	DIN	INSTITUTO DE NORMALIZACION ALEMAN
ITALIA	CEI	COMITÉ ELECTROTECNICO ITALIANO

IV.1- Pruebas de Campo al Equipo.

IV.1.1-Transformadores de Corriente:

- Resistencia de aislamiento
- Factor de potencia
- Relación de transformación y Polaridad
- Continuidad

IV.1.2-Transformadores de Potencial:

- Resistencia de aislamiento
- Relación de transformación
- Continuidad
- Factor de potencia

IV.1.3-Interruptor de Potencia:

- Resistencia de aislamiento
- Factor de potencia
- Resistencia de contactos
- Tiempos de operación
- Voltajes mínimos
- Rigidez dieléctrica

IV.1.4-Cuchillas Desconectoras:

- Resistencia de aislamiento
- Resistencia de contactos

IV.1.5-Trampa de Onda:

- Resistencia de aislamiento
- Continuidad

IV.1.6-Transformador de Potencial Capacitivo:

- Resistencia de aislamiento
- Factor de potencia

IV.1.7-Apartarrayos:

- Resistencia de aislamiento
- Factor de potencia

IV.1.8- Aislador Soporte de Bus:

- Resistencia de Aislamiento.

IV.2- Descripción de las Pruebas.

Esta prueba es en la actualidad la principal herramienta para juzgar con mayor criterio las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos, siendo particularmente recomendada para la detección de la degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos. Se puede afirmar que por estas características es mas reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El propósito de esta prueba, es detectar fallas peligrosas en aislamientos por el método *no Destructivo* antes de que ocurra la falla, lo cual de esta manera previene pérdidas de la continuidad del servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de los aislamientos.

IV.2.1- Prueba de Resistencia de Contactos.

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, son fuentes de problemas en los circuitos eléctricos ya que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, degradación de los materiales, etcétera.

La finalidad de esta prueba, es medir bajas resistencias por el método de caída de tensión de C. D. En todo circuito eléctrico, donde existen puntos de contacto, tales como juntas de rieles, juntas con conexiones soldadas, conexiones atornilladas o juntas a presión como en cuchillas desconectoras e interruptores.

Esta medición como prueba de campo se utiliza para medir la resistencia óhmica entre los contactos principales de interruptores y cuchillas desconectoras de esta manera determinar la existencia de conexiones holgadas, desajustes y suciedad entre las partes conductoras.

La prueba de resistencia óhmica de contactos en interruptores y cuchillas desconectoras, nos proporcionan datos para formar una estadística de los valores de resistencia óhmica que tienen los equipos mencionados antes de ser puestos en servicio; para que con estos datos se pueda determinar en futuras pruebas de mantenimiento, las necesidades de reparación que este equipo demande.

IV.2.2-Tiempos de Apertura y Cierre Interruptores.

El objeto de esta prueba, es la determinación de los tiempos de operación de los interruptores de potencia en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus polos o fases, estos resultados son importantes, puesto que nos permiten conocer el tiempo que tardan en realizarse las operaciones de apertura y cierre, para que de esta forma poder verificar si dichos interruptores cumplen con las normas y especificaciones solicitadas, las cuales normalmente se indican en los protocolos de prueba y en los instructivos que proporciona el fabricante.

- Tiempo de apertura:

Es el tiempo medido (en ciclos o en milisegundos) desde el instante en que se energiza la bobina de disparo, hasta el instante en que los contactos se han separado en todos los polos.

- Tiempo de cierre:

Es el intervalo de tiempo medido (en ciclos o en milisegundos) desde que se energiza la bobina de cierre hasta el instante en que se tocan los contactos principales en todos los polos.

Estas pruebas son de primordial importancia, fundamentalmente en lo que se refiere a los tiempos de apertura, ya que es necesario que esta operación se realice en el menor tiempo posible, para que en condiciones de falla, el circuito en cuestión sea aislado lo mas rápido del sistema, de acuerdo con la operación de las protecciones. Esta pruebas son aplicables exclusivamente a interruptores de potencia y alta tensión, en todos sus tipos y diseños.

Así, en coordinación con las pruebas de tiempo de cierre y apertura es necesario analizar si dichas funciones se realizan sin asincronismo entre las fases.

Una condición de asincronismo fuera de los límites establecidos (8.5 ms según normas IEC), originara daños en los interruptores, tanto en la apertura bajo condiciones de falla y cierre, esto originará que las protecciones propias del interruptor ordenen la desconexión inmediata del mismo, dicha operación se denomina "Disparo por asincronismo de fases", la cual además de ordenar la apertura del interruptor también manda una señal de "Alerta", bajo estas condiciones el interruptor queda inoperable requiriéndose la asistencia del personal para su restablecimiento. En la figura 4.1 puede verse el aparato para medición de tiempos de operación conectado a un interruptor de gran volumen de aceite.

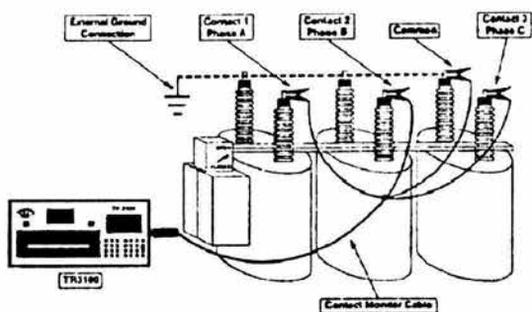
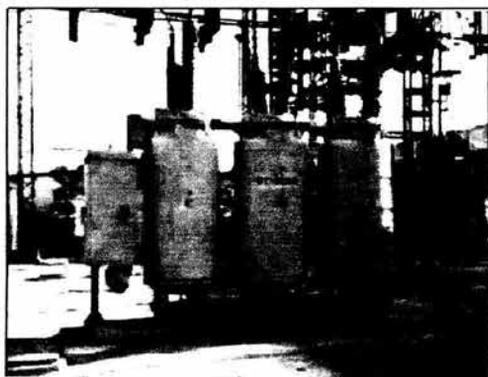
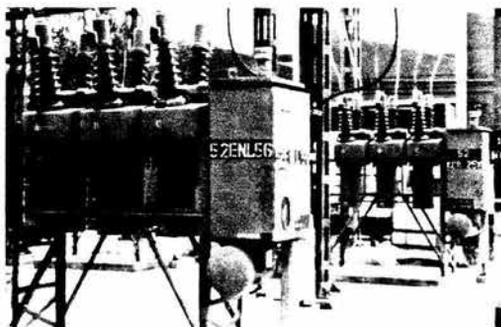


Figura 4.1.- Vista del aparato para medición de tiempos de operación de un interruptor de gran volumen de aceite y sus conexiones



(a)



(b)

Figura 4.2.- Vista de un interruptor de gran volumen de aceite (a) y en bajo volumen de aceite (b).

IV.2.3- Prueba de Voltajes Mínimos de Operación.

Esta prueba es exclusiva de los interruptores de potencia y se realiza en los diferentes tipos que se fabrican y en las diferentes tensiones de operación.

Como se sabe, todos los circuitos de control y protección esta alimentados por circuitos de 120 VCD para que de esta manera se tenga siempre la posibilidad de operar los interruptores aun cuando los servicios de corriente alterna lleguen a faltar en la subestación. Bajo estas condiciones, las baterías que proporcionan la corriente directa, tendrán una duración determinada dependiendo de la carga que estén alimentando y en consecuencia, con el tiempo el voltaje decaerá gradualmente hasta agotarse totalmente en el caso de que no se normalizara el servicio de corriente alterna.

Es por esta razón que debe verificarse el voltaje mínimo de operación de las bobinas de cierre y apertura en los interruptores, siendo de mayor importancia el correspondiente a las bobinas de apertura. Estas pruebas deben realizarse con el interruptor en condiciones optimas de operación y tomando en cuenta los protocolos de prueba del fabricante.

IV.2.4- Prueba de Rigidez Dieléctrica Aceite.

Los aceites aislantes son producto de la destilación del petróleo crudo, obtenidos de tal forma que reúnan ciertas características físicas especiales.

Los aceites se utilizan como aislantes, refrigerantes en transformadores, interruptores, seccionadores, reactores, reguladores, cables de energía, capacitores, boquillas, etcétera.

La finalidad del aceite aislante utilizado en equipo eléctrico es:

- Proveer de un aislamiento eléctrico adecuado
- Conducir y disipar el calor generado en el equipo
- Extinguir el arco eléctrico
- Proteger los aislamientos sólidos contra la humedad y el aire

El proceso del deterioro del aceite en interruptores de gran volumen de aceite es diferente al de los transformadores, cuando hay una apertura del interruptor con carga se forma un arco a través del aceite, si este contiene oxígeno, primeramente se formarán agua y bióxido de carbono. Cuando el suministro de oxígeno se agota, comienza a formarse hidrógeno y carbón. El hidrógeno se disipa como gas, en tanto que las partículas de carbón contaminan el aceite mucho antes que el deterioro por oxidación llegue a ser significativo.

El aceite aislante usado en transformadores e interruptores debe poseer ciertas propiedades que deben mantenerse durante la operación para que cumpla con su múltiple función aislante como agente que transfiere calor al medio ambiente y extinguir el arco eléctrico, deberá tener adecuada rigidez dieléctrica, que lo hagan soportar los esfuerzos dieléctricos impuestos durante su operación.

Una baja rigidez dieléctrica indica contaminación con agua, carbón o contaminantes extraños a la degradación por trabajo.

La prueba de rigidez es una de las que se efectúan con mayor frecuencia, esta prueba revela la resistencia momentánea de una muestra de aceite al paso de la corriente y la cantidad relativa de agua libre de suciedad o partículas conductoras presentes en la muestra.

La rigidez dieléctrica es una de las características principales del aceite aislante. Se define como el máximo gradiente de potencial que puede soportar el aceite aislante, sin que se produzca la descarga disruptiva.

En la practica, se mide la tensión de ruptura dieléctrica que se define como el gradiente de potencial, en el cual se produce la descarga disruptiva en el aceite aislante.

A continuación, se mencionan algunas teorías sobre la ruptura dieléctrica del aceite aislante.

Teoría de Ionización:

Esta teoría establece que para determinada intensidad de campo eléctrico, se produce la ionización de las burbujas de gas contenidas en el aceite, con lo cual se produce una intensa concentración de campo eléctrico ionizando las moléculas del liquido circundante y como consecuencia aparecerá la ruptura dieléctrica.

Teoría Térmica:

Esta teoría explica que como el resultado de la ebullición del aceite en los puntos en que el campo eléctrico no es homogéneo o por el calor desprendido por la fricción de iones que se mueven en el campo eléctrico, existe formación de burbujas, las cuales aumentan de tamaño hasta producirse la ruptura dieléctrica.

Teoría química:

Esta teoría considera que la ruptura dieléctrica se debe a reacciones químicas que ocurren en el aceite bajo la influencia de una descarga eléctrica sobre una burbuja de gas.

A continuación se muestra una tabla con las características principales de las Normas ASTM-877 y ASTM-1816 en las cuales se basa la Norma CCONNIE-881.

NORMA	FORMA Y DIMENSION DE ELECTRODOS	SEPARACIÓN ENTRE ELECTRODOS m.m. (pulgadas)	ELEVACIÓN DE TENSIÓN KV/seg.	REPOSO ENTRE LLENADO Y PRIMERA PRUEBA	NUMERO DE PRUEBAS EFECTUADAS	REPOSO ENTRE PRUEBA Y PRUEBA	TENSIÓN DE RUPTURA DIELECTRICA	TEMPERATURA MINIMA DE LA MUESTRA
ASTM-877	TIPO DISCO DE 1" DE Ø	2.54 mm (0.099)	3KV ± 20%	3 minutos	5	1 minuto	30 KV mínimo	20°C o 68°F
ASTM-1816	SEMIESFERICO DE 25mm radio	2.04 mm (0.081) 1.02 mm (0.04)	0.5KV ± 20%	3 minutos	6 la primera no cuenta	1 minuto	35 KV 20 KV	20°C o 68° F

CCONNIE – 881 CONTEMPLA LAS DOS NORMAS ANTERIORES

Para el método ASTM- 877 de la tabla anterior se observa lo siguiente:

La copa se debe llenar hasta un valor no menor de 20mm sobre la parte superior de los electrodos con objeto de permitir que escape aire, deberá dejarse reposar no menos de dos minutos y no mas de tres antes de aplicar el voltaje; después se aplica gradualmente el voltaje a una velocidad aproximada de 3 KV por segundo, hasta que se produce el arco entre los discos, abriendo el interruptor, el operador lee el voltmetro y registra la lectura en KV.

IV.2.5.- Prueba de Resistencia de Aislamiento.

La prueba de resistencia de aislamiento se define como la resistencia que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo y como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 minutos.

A la corriente resultante de la aplicación de voltaje de corriente directa, se le denomina corriente de aislamiento y consta de dos componentes principales:

1.- Corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento compuesta de:

a).- Corriente capacitiva- es la magnitud comparativamente alta y de corta duración que decrece rápidamente a un valor despreciable en un tiempo máximo de 15 segundos conforme se carga el aislamiento.

b).- Corriente de absorción dieléctrica- esta corriente decrece gradualmente con el tiempo, desde un valor alto a un valor cercano a cero siguiendo una función exponencial. Generalmente los valores de resistencia obtenidos en los primeros minutos de una prueba quedan en gran parte determinados por la corriente de absorción, esta corriente tarda de unos minutos a horas en alcanzar un valor despreciable; sin embargo, para efectos de prueba, puede despreciarse el cambio que ocurre después de unos minutos.

c).- Corriente de conducción- es la corriente que fluye a través del aislamiento y es prácticamente constante y predomina después que la corriente de absorción se hace constante.

2.- Corriente que fluye sobre la superficie del aislamiento y que se conoce como corriente de fuga. Esta corriente es igual que la de conducción, permanece constante y ambas constituyen el factor primario para juzgar las condiciones del aislamiento.

- Voltaje de prueba aplicado.

La medición de resistencia de aislamiento, es una prueba de potencial y deberá restringirse a valores de prueba apropiados dependiendo de la tensión nominal del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentra el aislamiento, ya que si la tensión de prueba es muy alta se puede provocar fatiga en el material. Los potenciales de prueba mas utilizados son de 500 a 5000V de corriente directa.

- Duración del voltaje de prueba aplicado:

Este efecto tiene una importancia notable, en el caso de grandes máquinas y transformadores con aislamiento en buenas condiciones. Sin embargo, en el caso de apartarrayos, interruptores, cables de pequeña longitud, boquillas, este efecto carece de importancia y por lo tanto es recomendable efectuar las pruebas a un minuto.

- Factores que afectan la resistencia de aislamiento:

a).- Contaminación – son tales como partículas de carbón, polvo o aceite depositados en la superficie aislante, lo que hace bajar la resistencia de aislamiento, siendo este factor muy importante cuando se tienen superficies aislantes relativamente grandes expuestas a ambientes contaminantes.

b).- Humedad – la humedad influye en los materiales utilizados en los aislamientos como son aceite, papel, cartón, cintas que por ser materiales giroscópicos absorben la humedad ocasionando una reducción en la resistencia de aislamiento.

c).- Temperatura – la resistencia de aislamiento varia inversamente con la temperatura en la mayoría de los materiales aislantes. Normalmente todas las pruebas de resistencia de aislamiento se refieren a una temperatura estándar, llamada temperatura base, la utilizada por el comité de normalización son las siguientes:

40°C	PARA MAQUINAS ROTATORIAS
20°C	PARA TRANSFORMADORES
15.6°C	PARA CABLES

Para los demás equipos como interruptores, apartarrayos, boquillas, pasamuros, etc., no existe base ya que la variación de la resistencia de aislamiento con respecto a la temperatura no es notable.

IV.2.5.1 Métodos de Prueba.

1.- Método de tiempo corto.

Este método es bueno para la prueba de rutina rápida. Para fines de normalización se recomienda aplicar voltajes de prueba durante 60 segundos, con objeto de efectuar comparaciones bajo la misma base con los datos de prueba existentes y medidos. Este método se aplica principalmente a equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción como son interruptores, apartarrayos, cables, etcétera.

2.- Método tiempo-resistencia

Este método consiste en aplicar voltaje de prueba durante un periodo de 10 minutos, tomando lecturas a intervalos de un minuto y solo en el primero se tomaran lecturas a los 15, 30 y 45 segundos. Proporciona una buena referencia para evaluar el estado de los aislamientos en aquellos equipos, con características de absorción notable, como son las grandes maquinas rotatorias y transformadores de potencia, sobre todo cuando no existe referencia de valores de pruebas anteriores.

IV.2.6.- Prueba de Relación de Transformación y Polaridad.

La relación de transformación se define como la relación de vueltas o de voltajes del primario al secundario, o la relación de corrientes del secundario al primario en los transformadores y se obtiene de la relación:

$$R_t = N_p / N_s = V_p / V_s = I_s / I_p$$

Mediante la aplicación de esta prueba es posible detectar cortos circuitos entre espiras, falsos contactos, circuitos abiertos.

El método mas usado para llevar a cabo estas pruebas es con el medidor de vueltas denominado TTR .

Con respecto a la polaridad, esta es importante, la prueba es de gran utilidad cuando se presentan transformadores cuya placa se ha extraviado y en aquellos en que se tengan dudas de su devanado.

Otra importante razón de la relevancia de estas marcas, es que si no se eligen adecuadamente, al conectar carga al devanado secundario en el momento de puesta en marcha ocasionarán operaciones no deseadas en los equipos de protección.

Existen dos tipos de polaridad que es la aditiva y la sustractiva.

IV.3 - Equipo Utilizado para Pruebas de Campo.

El equipo utilizado para realizar pruebas en campo, deberá ser de construcción adecuada para un manejo rudo, resistente a los golpes de transportación, con mayor amortiguamiento que un equipo normal, la precisión de todos los aparatos que se utilizan para pruebas en campo, es la misma con que cuentan los equipos de laboratorio, simplemente algunos métodos de prueba cambian.

IV.3.1- Analizador de Aislamientos M4000.

Con este aparato de la DOBLE ENGINEERING Co. Se realizan varias pruebas relativas a Aislamientos.

Este aparato se integra de los siguientes componentes:

- Instrumento M4100
- Referencia de calibración en campo
- Controlador M4200
- Transportador M4300

En la figura 4.5 se puede ver una vista del equipo que integra el Sistema Analizador de Aislamientos M400.

a).- Instrumento M4100

El instrumento M4100 suministra voltaje y corriente de prueba a los aislamientos de los especímenes. El instrumento M4100 también contiene circuitos de medición para determinar las condiciones de los aislamientos bajo prueba, también como circuitos de seguridad de control directo para garantizar una seguridad eléctrica al personal y a los equipos de prueba.

Se han diseñado circuitos de seguridad dentro de ese instrumento para garantizar la seguridad del personal. No se suministran altos voltajes por el equipo si alguno de estos circuitos o condiciones no son satisfechas.

- El circuito de seguridad a tierra verifica que la barra de cobre calibre # 6 AWG de tierra de seguridad, la cual es conectada entre el instrumento y la tierra del aparato bajo prueba.
- Dos interruptores de seguridad deben ser conectados al panel frontal del instrumento M 4100 y deben estar en la posición de cerrados. Un interruptor es sostenido y operado por el analista del instrumento M4100 y el segundo interruptor es operado por un supervisor de seguridad. Estos interruptores deben estar abiertos entre una secuencia de pruebas para permitirle al analizador de aislamientos operar. La liberación (apertura) de uno de estos instrumentos de seguridad terminará con la secuencia de prueba y con el potencial de alto voltaje.

Una lámpara de seguridad estroboscópica es suministrada con el instrumento y es conectada en el panel frontal del instrumento M 4100. en el momento en que el potencial de alto voltaje sea aplicado con el instrumento M 4100, la lámpara de seguridad estroboscópica se energizará y destellará. La conexión de esta lámpara será requerida con el fin de poder operar el instrumento, a menos de que se cambie la configuración predeterminada de modo que se permita efectuar pruebas en la ausencia de la lámpara estroboscópica. En este caso el conector de la lámpara puede ser retirado del panel frontal del instrumento M4100. En la figura 4.4 Se puede ver una vista del analizador de aislamientos M4100.

Existen dos elementos que están conectados al panel frontal del M4100 y que son la referencia de calibración en campo M4150 y el sensor de humedad relativa y temperatura.

El sensor de humedad relativa y temperatura procesará las lecturas de humedad y temperatura al momento de la prueba y se registraran estos valores en el programa.

b).- Controlador M4200

- El controlador M4200 es la interfase entre el operador y el analizador de aislamientos M4100. el despliegue de información, control, almacenamiento de datos, impresión y funciones son todas proporcionadas por este controlador.
- El controlador M4200 puede ser utilizado por si solo como una computadora compatible con IBM y también como parte del analizador M4000.
- El controlador M4200 ha sido específicamente diseñado y construido para ser operado en subestaciones exteriores y otro tipo de ambientes hostiles a los equipos de prueba electrónicos. La unidad ha sido blindada contra descargas electrostáticas e instrumentos de frecuencia de radio para reducir o eliminar sus efectos en los circuitos electrónicos internos.
- La cubierta exterior del controlador M4200 esta fabricada con plástico ABS sobre un chasis de aluminio que lo hace de uso rudo y adecuado para transportación a sitios remotos.
- La pantalla es de seis pulgadas por ocho pulgadas tipo monocromática Antirreflejante de cristal liquido que trabaja en el modo VGA (Arreglo de Video Grafico, siglas en ingles). La pantalla tiene un alto contraste bajo la luz solar, y tiene un control de respaldo para condiciones de poca luz ambiental. El controlador cuenta con calentador para la pantalla de LCD para permitir trabajar en condiciones de clima frío. Se puede utilizar un monitor externo en lugar de la pantalla de LCD. El acceso para el conector del monitor externo esta localizado bajo la puerta de acceso en el lado izquierdo del M4200.
- El controlador del M4200 tiene un dispositivo tipo ratón instalado junto al teclado en el panel frontal para permitir al usuario el control por ratón del cursor desplegado. Este dispositivo puede ser extraído para permitir el uso de un ratón externo conectado al puerto serial
- El controlador del M4200 tiene en forma interconstruida una impresora grafica de 200 puntos por pulgada (DPI, siglas en ingles). El tipo de papel para la impresora es del tipo fax térmico.
- El controlador M4200 esta equipado con una tarjeta interna Fax /Modem que puede ser utilizada para transferir datos cuando se esta utilizando con el programa asistente de Prueba de Doble (DTA, siglas en ingles) o con algún paquete de comunicaciones inherente al programa de *Windows 3.1*.

- Los datos pueden ser almacenados en un disco duro interno o en un disco de 3.5 pulgadas a través de la unidad de discos localizada en la parte frontal del controlador.
- El paquete proporcionado con el controlador M4200 incluye un programa para ejecutar y hacer operar al Analizador de Aislamientos M4000, basado en el sistema operativo DOS de *Microsoft* en ambiente *Windows*, y en forma opcional el Programa de Asistente de Prueba de la Doble (DTA).

c).- Instrumento M4300

- Consiste en el transportador del equipo y como mesa de trabajo en campo para el M4100 y el M4200.



Figura 4.4.- Vista frontal del analizador de aislamientos M4100.

- 1.- Alimentación de corriente alterna.
- 2.- Interruptor de seguridad.
- 3.- Cable de conexión para la interfaz (PC).
- 4.- Cables para los interruptores de seguridad.
- 5.- Cable de alto voltaje utilizado en el momento de aplicación de prueba.
- 6.- Cable de seguridad, su conexión es directa a tierra.



- 1.- Lámpara estroboscópica.
- 2.- Sensor de humedad y temperatura.
- 3.- Controlador M4200.
- 4.- Bastidor M4300.
- 5.- Sistema analizador de aislamientos M4100

Figura 4.5.- Vista de conjunto del Analizador de aislamientos M4000 y sus componentes.

IV.3.2 - Equipo de Prueba MEGGER, Tipo BMD11D.

Aparte del Analizador de Aislamientos M4000, se tiene el aparato para medir la resistencia de aislamiento que es el MEGGER el cual se describe a continuación:

Este equipo consta básicamente, de una fuente de corriente directa y un indicador de lectura directa cuya escala esta graduada en megaohms. La capacidad de la fuente de corriente directa generalmente es baja, ya que la finalidad es ver el estado en que se encuentra el aislamiento; es decir, esta prueba es indicativa no destructiva.

El MEGGER es un comprobador de aislamiento compacto de alta tensión de corriente continua alimentado por batería, con una capacidad de medida de resistencia de 1 T Ω , tiene una escala digital completa de 500 G Ω .

Los elementos están controlados por microprocesador y se caracterizan por una LCD (panel de visualización de cristal liquido) en la cual se despliegan las lecturas de resistencia de aislamiento . este instrumento puede regularse para pruebas de tensión a 500 V, 1000 V, 2500 V y 5000 V.

Al inicio de la prueba se pone en marcha un cronometro que muestra los minutos y segundos pasados desde el inicio de la prueba. No deberán desconectarse los conductores de prueba ni tocarse la pieza que se esta comprobando. Los símbolos de alta tensión que destellen en el LCD recordaran al usuario la presencia de tensiones peligrosas.

Continuamente aparecerá un símbolo de la batería indicando el estado de la misma.

Se consigue alimentación mediante las pilas recargables por corriente. Para recargar las pilas se requiere una tensión de entrada con una gama entre 95 y 265 Vc-a, 50 – 60 hz. La entrada de la red y los fusibles se encuentran en una muesca protegida contra salpicaduras en el panel frontal su cronometro opera en un rango de 0 – 60 minutos, el peso de este aparato es de 5.6 kg, lo hace muy manejable para varios lugares de trabajo; para su fuente de alimentación consta de dos acumuladores de 12 V, 2 A – H, tiempo de recarga 16 horas, la duración del acumulador es de 8 horas de comprobación continua. Una vista de este aparato puede verse en la figura 4.6.

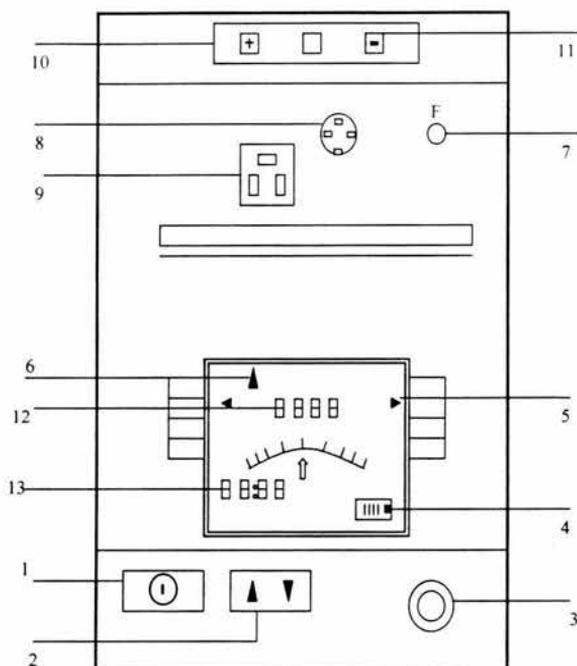


Figura 4.6.- Vista de un Megger digital

Accesorios:

- Dos cables de alta tensión de 3 y 8 metros de longitud respectivamente.
- Un cable de alimentación

De acuerdo a la figura 4.6 la descripción de sus partes constitutivas es como sigue:

1.- Botón On / Off.

Al pulsarse este botón el instrumento se pone en marcha e inicia una autocomprobación y una calibración. Todos los segmentos del LCD aparecen durante 5 segundos.

Cuando aparezca la palabra "CAL", el instrumento estará listo para su utilización y se encontrará en la modalidad de espera. Para desconectar el instrumento se pulsara una vez el botón on / off (la desconexión automática tendrá lugar cuando hayan pasado 10 minutos sin utilizarse).

2.- Teclas selectoras.

Moviendo el curso se selecciona la tensión de prueba cuando se pulsa el botón de prueba, el instrumento funcionara a la tensión indicada.

3.- Botón de prueba.

Si se pulsa el botón "TEST" (prueba), durante mas de un segundo, se iniciara una prueba a la tensión seleccionada, poniendo en marcha el cronometro simultáneamente.

Si se vuelve a pulsar el botón, se terminara la prueba y se conectaran unos resistores internos de descarga en la salida. Si hay mas de 50 volts se indicara en la pantalla. Si la corriente que pasa por los bornes excede 2 miliamperios, no será posible iniciar una prueba.

Puede terminarse una prueba si:

- Se excede el tiempo de prueba.
- El aislamiento que se esta comprobando se corta totalmente.
- La batería se descarga.

4.- Símbolo de la batería.

Cuando la batería esta totalmente cargada, aparecerán todos los segmentos del símbolo de la batería. Conforme se vaya usando desaparecerán los segmentos. Cuando el símbolo de la batería destelle, deberá recargarse el instrumento.

5.- Cursor.

Los cursores que aparecen a cada lado de la pantalla indican los márgenes seleccionados.

6.- Avisos.

Los factores que pueden afectar o impedir una prueba se indican mediante un cursor grande al lado de la etiqueta de aviso.

7.- FS2.

Fusible de protección.

8.- Conexión del cargador de 12 volts.

Las baterías recargables en el instrumento pueden recargarse desde una alimentación de 12 volts a través del enchufe -  +

9.- Enchufe de la corriente.

Para recargar las baterías internas se requiere una corriente de alimentación de 95 – 265 volts.

10.- Tapa deslizante.

La tapa deslizante asegura que no pueda accederse a los bornes de entrada de entrada y salida al mismo tiempo.

11.- Bornes.

Los bornes "+", "-", "G", traban los conectores de prueba en la caja para evitar la desconexión accidental.

12.- Tensión de los bornes.

Al finalizar una prueba se indicará si queda tensión en los bornes y continuará así hasta que queden menos de 50 Volts.

13.- Cronometrador.

Cuando se pulse el botón de prueba, el cronometrador se pondrá en marcha automáticamente indicando el tiempo transcurrido. La duración máxima de una prueba es de 60 minutos, momento en el cual se detendrá la prueba automáticamente.

IV.3.3.- Equipo para Medición de Polaridad y Continuidad.

El equipo utilizado para la determinación de la polaridad y continuidad es el denominado TTR, en la figura 4.7 se muestra el diagrama del TTR.

Cuando las terminales H1 y X1 quedan adyacentes, visto un transformador por el lado de baja Tensión, significa que la polaridad es sustractiva; si H1 y X1 quedan diagonalmente opuestas la polaridad es aditiva. Ver figura 4.8

Para verificar la polaridad con el TTR, se colocan las carátulas en ceros y se gira la manivela $\frac{1}{4}$ de vuelta. Si la aguja del detector D se desvía a la izquierda la polaridad es sustractiva, si se desvía a la derecha la polaridad es aditiva.

Si durante al medición, los parámetros de voltaje y corriente de manera normal y la aguja no deflexiona entonces se trata de un circuito abierto en los devanados bajo prueba.

En general, los valores de relación de espiras medidas con el TTR, deben encontrarse dentro de un rango de $\pm 0.5\%$ respecto a la relación de placa del transformador, para considerar que este se encuentra en buenas condiciones, si

la relación medida es menor a la de la placa entonces un corto circuito se tiene en la bobina de alta tensión, si la relación medida es mayor a la de la placa, el corto circuito lo tenemos localizado en la bobina de baja tensión, aparte de que la manivela del aparato ofrece resistencia a su operación.

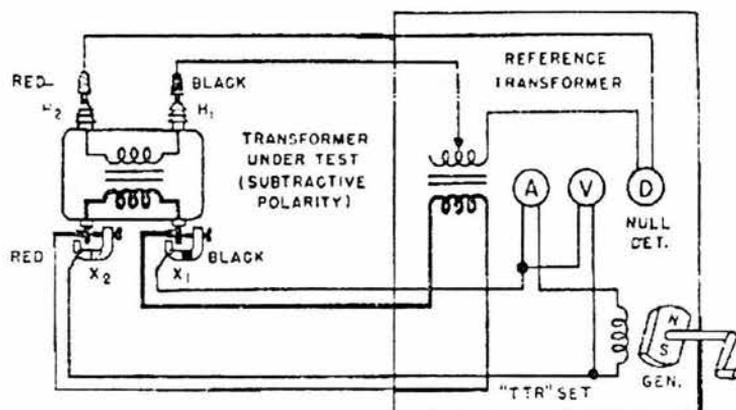


Figura 4.7.- Diagrama de un TTR.

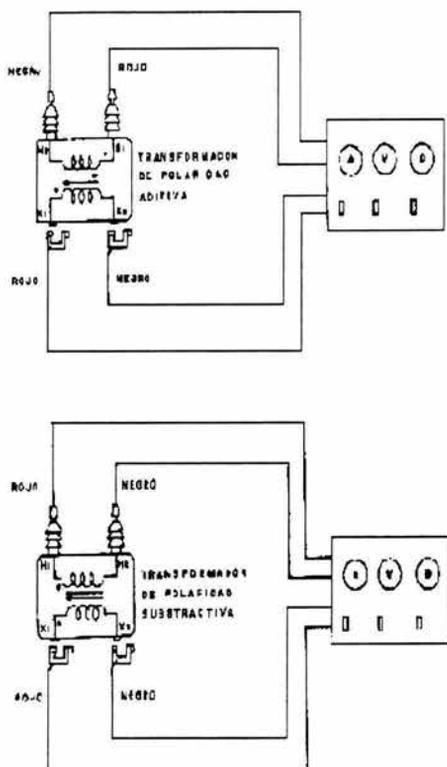


Figura 4.8.- Diagrama de conexiones del TTR para polaridad aditiva y subtractiva.

IV.3.4.- Ducter.

Es el instrumento que se usa para medir la resistencia de contactos se denomina probador de Baja resistencia o "DUCTER".

El ducter es un equipo de prueba portátil, que opera sobre cinco rangos y mide resistencias entre 20 ohms hasta 1 microohm.

El ducter opera a partir de una fuente de energía interna o externa, que es una batería adaptada para proporcionar la plena corriente requerida y esta puede ser recargada mediante un cargador adecuado. Consta de dos terminales para efectuar la medición, las cuales se conectan de acuerdo a la figura 4.9

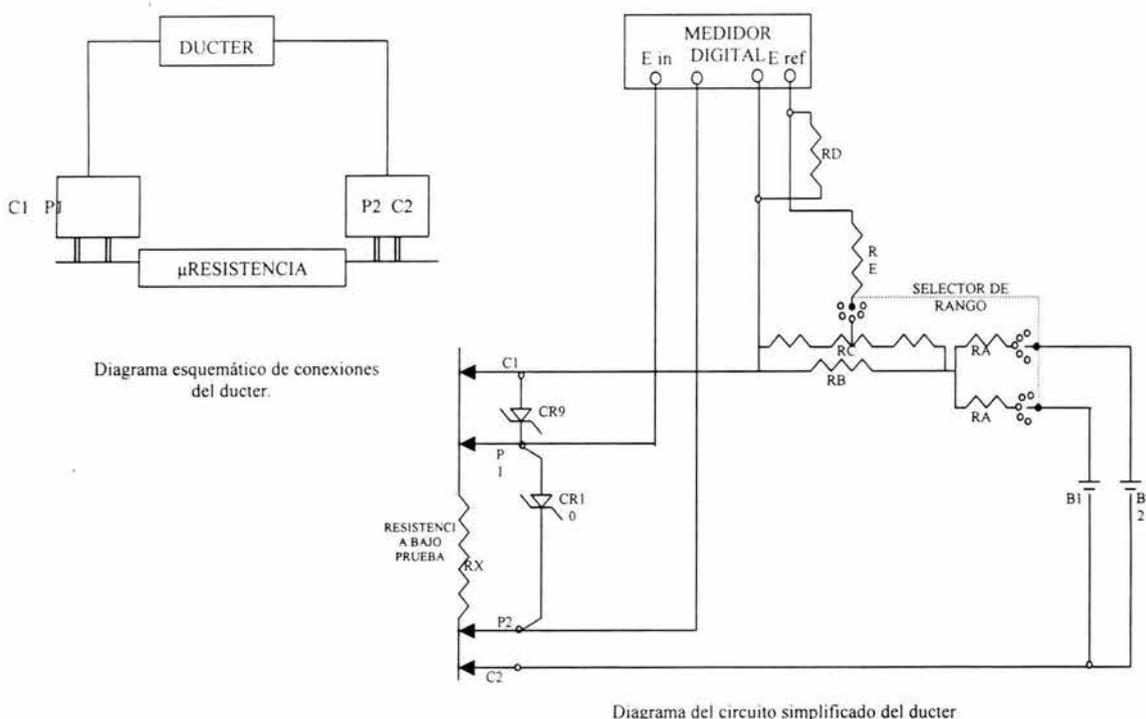


Figura 4.9.- Diagrama del Ducter marca Biddle.

Las terminales de los extremos siempre deben ser las corrientes (terminales negras) y las interiores los potenciales (terminales rojas).

El diagrama que se muestra en la figura 4.9, representa el esquema simplificado del circuito de medición del ducter de la marca BIDDLE. En dicho diagrama B1 y B2, son las baterías que suministran el voltaje para la realización de las pruebas. RA y RA', determinan los valores de la corriente que se suministra para las pruebas en cada uno de los 5 rangos diferentes.

Es importante mencionar que la corriente de prueba, será afectada en caso de que se modifique la resistencia de las terminales de prueba que se conectan entre las terminales C1 y C2. El instrumento de prueba está diseñado para operar con unos cables de corriente que tienen una resistencia total de 0.02 ohms cada uno.

Por esta razón, es importante que los cables de prueba no sean modificados, y si esto fuera necesario, deberán realizarse los ajustes que se requieran para compensar el valor de la nueva resistencia, en los cables terminales de prueba.

La resistencia RB, es una resistencia patrón que se utiliza para obtener un voltaje proporcional a la corriente de prueba.

La resistencia RC, es una resistencia de calibración, de la cual se tienen 5 valores, uno para cada rango de prueba que se emplea.

Los diodos zener CR9 y CR10, cumplen la función de protección del equipo de prueba, para evitar posibles daños causados por fenómenos transitorios que se presentan cuando se realizan las pruebas bajo la acción de campos electrostáticos.

En general, al realizar la prueba de resistencia de contactos, tanto en interruptores como en cuchillas desconectadoras, es muy variable su valor con respecto a la marca y tipo, por lo cual no existen normas que nos indiquen cuales deben ser los valores máximos permisibles por punto de contacto, debido a que esto depende del diseño empleado por cada fabricante y de los materiales usados en su construcción. Por esta razón se deberá contar con un protocolo de pruebas.

En campo se puede aceptar un valor máximo permisible de 30 microohms de resistencia por punto de contacto, para equipo nuevo según datos estadísticos de Luz y Fuerza del Centro.

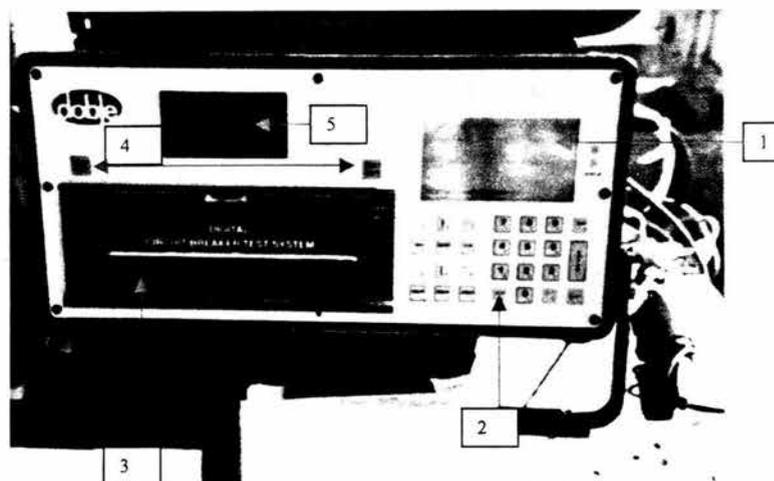
IV.3.5.- Equipo para medición de Voltajes mínimos de Operación.

Para la realización de esta prueba se utiliza una fuente variable de corriente directa (VARIAC) de 0 a 250V. Las bobinas de operación de los interruptores de potencia en alta tensión, operan con un voltaje de corriente directa nominal de 120 volts, de acuerdo a normas L y F, estas deben operar con un voltaje mínimo del 80% del nominal.

El proceso de prueba es simple, el aparato se conecta a los bornes de las bobinas de disparo y se incrementa gradualmente el voltaje hasta que estas operan, estos valores se registran y se reportan.

4.3.6.- Equipo para la medición de los Tiempos de Operación de Interruptores. Ver figura 4.10

Es condición fundamental para la realización de esta prueba que el interruptor este en máximas condiciones operativas, es necesario dejar libres las conexiones de las bobinas de apertura y cierre con el fin de evitar operaciones no deseadas.



- 1.- Pantalla de cristal líquido.
- 2.- Teclado.
- 3.- Impresora térmica.
- 4.- Teclas de arranque de prueba.
- 5.- Unidad de disco de 3.5 pulgadas.

Figura 4.10.- Vista del equipo de medición para la prueba de tiempos de operación de interruptores de potencia.

El TR3000 incorpora una impresora del tipo Fax térmico en la cual se registran gráficamente los tiempos de apertura y cierre. También cuenta con una unidad de disco de 3 ½" para almacenar información.

IV.3.6.- Probador de Aceite.

El aparato para efectuar la prueba de rigidez dieléctrica es el llamado probador de aceite, cuya función primordial es transformar la tensión de entrada (110 V c-a) a través de un transformador elevador a una tensión de 40kv o mas dependiendo del rango del aparato; esta provisto de un recipiente como copa (ver figura 4.11) en cuyo interior lleva dos electrodos de separación ajustable

Esta tensión se aplica desde cero y se incrementa por medio de un reóstato contenido en el mismo aparato a una velocidad de 3kv por segundo.

Los electrodos semiesféricos debido a su mayor uniformidad de campo eléctrico, son sensibles a pequeñas cantidades de contaminantes, por tal motivo tienen gran aplicación para evaluar a los aceites deshidratados y desgasificados, en la figura 4.12 se observan diversos tipos de electrodos.

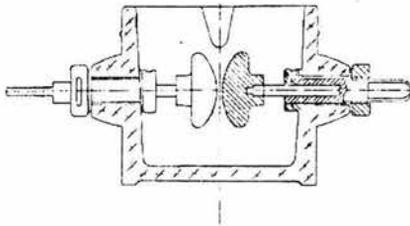


Figura 4.11.- Vista de la copa utilizada para pruebas de rigidez dieléctrica del aceite

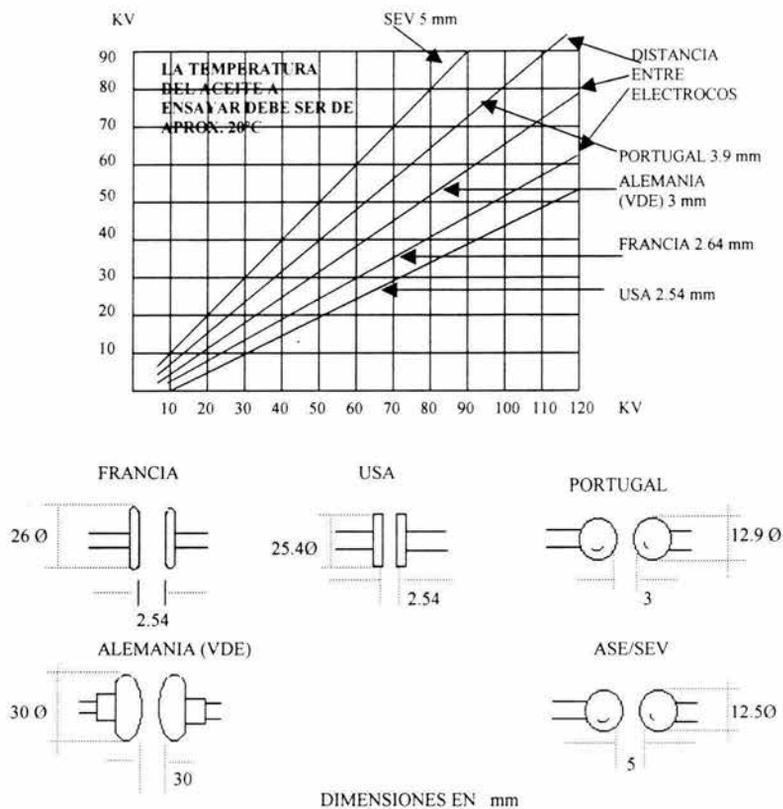


Figura 4.12.- Muestra de diversos electrodos aplicados en diferentes países.

IV. 4.- Recomendaciones de seguridad para el personal.

- Se recomienda que se realice una junta previa a la realización de las pruebas. Frecuentemente otras cuadrillas de trabajo estarán trabajando en tareas no relacionadas con las pruebas en las cercanías al equipo a ser probado. La junta previa debe incluir todo el personal que va a estar trabajando en la proximidad al área donde las pruebas serán ejecutadas. En esta junta se tratan cuestiones como las pruebas a ser realizadas, los equipos y los niveles de prueba involucrados, problemas potenciales involucrados en el trabajo y las asignaciones individuales que deben ser revisados por los miembros de la cuadrilla.

El personal de prueba debe estar pendiente de las acciones de trabajo que tengan lugar en sus cercanías y estar alertas de la posibilidad de que personal no involucrado con la prueba pueda entrar al área bajo prueba.

- Un sistema consistente y uniforme de señales, de ambos tipos, visual y verbal, debe ser acordado y debe ser seguido por todos los miembros de la cuadrilla durante las pruebas.
- Mientras se están realizando todos los tipos de conexiones involucradas en las diferentes pruebas, puede ser necesario para el personal estar subiendo varias veces al aparato, pero nadie debe permanecer arriba del aparato bajo prueba.
- El cable de alto voltaje que se emplea para prueba no debe ser sostenido manualmente durante la prueba ya que se pueden producir arcos tanto del equipo bajo prueba como del equipo utilizado para prueba. Si es absolutamente necesario sostener el cable de alto voltaje, se deben utilizar guantes apropiados que den el nivel de aislamiento necesario para evitar daños tanto al personal como al equipo.
- Todos los equipos que a los que se les tenga que efectuar pruebas, deben aislarse del sistema y una vez aislados cortocircuitar a tierra todo el equipo. Con esto se previenen riesgos y daños tanto al personal como al equipo.

CONCLUSIONES:

1.- La selección del arreglo físico para el montaje del equipo, parte de la selección de un diagrama unifilar adecuado a las condiciones del servicio e importancia del mismo; las razones de elegir el diagrama de interruptor y medio es porque en tensiones de Extra Alto Voltaje (EHV) no debe haber interrupciones de los circuitos que suministran energía, ya que si éstas se presentan es probable que pongan en riesgo la estabilidad del sistema eléctrico de potencia.

2.- El uso en la actualidad de los ordenadores Digitales con el software adecuado como herramientas de trabajo, facilitan la planeación y ejecución de proyectos; lo que da como resultado significativos ahorros en tiempo y recursos; y con esto, una mejora en la toma de decisiones, dando con ello una mejor administración de uno o varios proyectos.

3.- Independientemente de que el equipo de potencia sea nuevo y este sea probado en fábrica de acuerdo a normas vigentes y especificaciones particulares, es importante que en el sitio de instalación definitiva a este se le vuelvan a realizar pruebas ya que desde su embarque en fábrica hasta el sitio de montaje, tiene que ser transportado muchas veces por barco y por vehículos pesados de carga, lo que lo hace vulnerable a daños físicos debido a las maniobras de carga y descarga y en ocasiones queda almacenado durante cierto tiempo a intemperie y expuesto al medio ambiente, de ahí la importancia de las pruebas de campo, una vez que estas al realizarse son satisfactorias se tiene una certeza de que el equipo en su puesta en marcha operará sin problemas.

4.- El voltaje sólo puede detectarse a través del sentido del tacto dado que no tiene color, aroma y en bajas tensiones no produce ruido, debido a esto es muy necesario que el personal que labora en subestaciones energizadas, o realiza pruebas a los equipos de potencia, tenga amplio conocimiento de lo que realiza y siempre observe las precauciones necesarias, no descuidando el uso del equipo de protección con el fin de evitar accidentes que en ocasiones suelen ser de consecuencias fatales.

Glosario de Términos:

ACSR .- (Aluminium Conductor Steel Reinforced): Conductor de aluminio reforzado de acero. Los alambres de aluminio están cableados sobre un núcleo de acero que aumenta la resistencia del cable a la tensión mecánica. Se usa generalmente en líneas aéreas de alto voltaje.

ASTM .- (American Society for Testing and Materials). Asociación Americana para Pruebas y Materiales. Su propósito es hacer pruebas de materiales y establecer normas sobre materiales usados en la industria. Sus especificaciones son observadas por los fabricantes de alambres y cables en la evaluación de los materiales usados como conductores y aislamientos.

AWG .- "American Wire Gauge" (calibre americano de cables). La medida más usada para alambres de cobre aluminio y bronce.

MCM .- Abreviación que significa un millar de miles circulares. 1 circular mil, área contenida dentro de un círculo cuyo diámetro es igual a una milésima de pulgada 1 circular mil = $1/1000$ " , mil circular mil, son mil unidades circulares de 1 circular mil.

Aislador .- una sustancia o cuerpo que no permite o permite de una manera casi nula el paso de una corriente a través de el

Aislador de Suspensión .- se entiende por aislador de suspensión a un conjunto de forma cilíndrica con todas sus partes de ensamble.

Aislamiento de un Cable .- Se dice del recubrimiento de un cable que aísla al conductor de otros conductores o partes conductoras de tierra.

Aislar .- Guardar un conductor contra posibles contactos entre el y otros conductores vecinos por el uso apropiado de materiales aislantes.

Alambre .- se entiende por alambre propiamente una varilla delgada, o un filamento de material estirado.

Aluminio .- Metal que después del cobre es el más usado como conductor de la electricidad. Sus principales propiedades son: Símbolo Al. Peso atómico 26.97. número 13. Densidad a 20°C 2.703 gr/cm³. Punto de fusión 650°C. Coeficiente de expansión lineal por °C 0.000029. Resistividad eléctrica a 20°C 2.820microohms/cm cub. Coeficiente de resistividad por temperatura a 20°C, por °C 0.0039. Conductividad térmica 0.49 cal-cm/seg-cm² °C. Conductividad eléctrica 60.97% IACS.

Ampere .- Es la unidad intensidad de corriente. Un ampere es la intensidad de una corriente que al circular en dos conductores rectos y paralelos de longitud infinita y de sección recta transversal despreciable a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produce entre los conductores una fuerza de 0.00000002 newtons por cada metro de longitud.

Apartarrayos .- dispositivo de protección contra las descargas eléctricas atmosféricas.

Arco .- Una descarga luminosa de electricidad a través de un gas, caracterizada por una gran corriente y un gradiente de voltaje bajo.

Autotransformador .- se entiende por auto transformador, aquel transformador en el cual parte de su devanado es común tanto a los circuitos primarios como a los secundarios.

Banco .- conjunto de dispositivos para diferentes usos(transformadores, capacitares, baterías, etc.).

Barras .- (Bus) se entiende por barras de conexión o barras conductoras aquellas que se utilizan para la conexión del equipo eléctrico o circuitos. Pueden ser rígidas como barras o tubos o bien flexibles formadas por cables.

Batería .- O acumuladores, series de dispositivos electroquímicos que suministran la energía a los aparatos auxiliares y servicios propios cuando hay falta de la energía principal.

Cable .- se entiende por cable un conductor trenzado (cable conductor simple) o bien a una combinación de conductores aislados unos respecto de los otros (cable conector múltiple)

Cadena de aisladores .- se entiende por cadena de aisladores a una o más suspensiones de aisladores conectados en serie.

Caída de voltaje .- caída de voltaje en un circuito es la reducción de voltaje entre dos puntos, debido a la reactancia o resistencia del circuito.

Calibre .- se utiliza para designar el diámetro de un conductor.

Calidad .- Se define como "la totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio que se relacionan con su capacidad para satisfacer determinadas necesidades".

Capacitancia .- es la propiedad de un circuito eléctrico, que determina que este puede retener una carga eléctrica.

Capacitor .- Es un dispositivo cuya función principal es introducir capacitancia en un circuito eléctrico.

Capacitor con secciones en serie .- Es un capacitor que contiene dos o más secciones y es apropiado para operar en serie a una tensión igual a la suma de las tensiones en las secciones.

Carga .- La potencia real o aparente, donada o absorbida por una máquina o red de distribución.

Carga conectada .- Es la suma de las cargas conectadas a un sistema.

Circuito .- Sistema de conductores, alambre o cables por los cuales fluye una corriente eléctrica necesaria para la operación de uno o varios aparatos los cuales están conectados.

Clase de precisión de un transformador .- Valor máximo admisible en por ciento, del error que el transformador pueda introducir en una medición bajo condiciones especificadas.

Clema .- dispositivo utilizado para los amarres y remates de las líneas de transmisión.

Cobre .- El metal más usado como conductor de la electricidad las propiedades principales del cobre puro y suave son: Símbolo Cu. Peso atómico 63.57. Número atómico 29. Densidad a 20°C 8.89 gr/cm³. Punto de fusión 1083°C. Coeficiente de expansión lineal 0.00001692 por °C. Resistividad eléctrica a 20°C 0.153280 ohms/m. Coeficiente de resistividad por temperatura a 20°C 0.00393 por °C. Conductividad Térmica 0.93 cal-cm/seg-cm² °C. Conductividad 100% IACS.

Cobre electrolítico .- Cobre de alta pureza refinado por electrolisis, para uso en conductores eléctricos.

Coeficiente de expansión .- La variación de las dimensiones de un material por unidad de cambio en la temperatura.

Coeficiente de temperatura .- 1).- Entre dos temperaturas dadas, la variación relativa de la magnitud considerada, dividida por la diferencia de temperatura producida. 2).- A una temperatura dada, el valor límite del coeficiente medio cuando la diferencia de la temperatura es muy pequeña.

Conductor .- Se entiende por conductor a un alambre o combinación de alambres sin aislamiento uno respecto del otro, cuya función es la de conducir energía eléctrica (corriente eléctrica), una substancia o cuerpo que permite que una corriente eléctrica pase continuamente a través de él.

Conexión estrella de un circuito .- La conexión de un circuito polifásico de tal forma que las terminales de los devanados conductores o aparatos correspondientes de una fase, están conectados a un punto común, y la otra terminal se conecta a los correspondientes conductores del sistema de distribución, en el circuito trifásico se llama conexión estrella.

Copperweld .- También llamado copperply, nombres comerciales para un conductor formado por un núcleo de acero con un recubrimiento de cobre. Este tipo de conductores tiene normalmente valores de conductividad entre el 30 y el 40% de la conductividad de un alambre de cobre suave del mismo diámetro.

Corriente alterna .- Una corriente eléctrica periódica en la que su valor medio durante un periodo es cero.- Una corriente eléctrica que invierte el sentido de la dirección de su flujo a intervalos regulares.- La frecuencia de este cambio de flujo se expresa en ciclos por segundo o Hertz.

Corriente continua .- Corriente unidireccional la cual es constante o sensiblemente constante.

Corriente directa .- Una corriente eléctrica unidireccional que es constante o sensiblemente constante.

Corriente eléctrica .- El movimiento de electricidad en un medio o a lo largo de un circuito, la dirección de la corriente es aceptada como la opuesta a la que produce la electricidad negativa. Se mide en amperes.

Cuchilla .- Elemento utilizado para seccionar o abrir circuitos.

Devanado .- Enrollamiento de alambre magneto sobre un núcleo, que usa inducción electromagnética para producir variaciones de una corriente. Generalmente consiste en varias vueltas de alambre distribuidas en una o varias capas.

Devanado primario .- Se entiende por devanado primario aquel que se conecta directamente a la fuente de energía.

Devanado secundario .- Se entiende por devanado secundario de un transformador aquel que provee energía de salida a un voltaje y a una corriente predeterminada.- Al que se conectan los circuitos de corriente de los aparatos de protección y/o medición.

Dieléctrico .- Un medio material en el cual puede existir un campo eléctrico en estado de reposo, material aislante, un medio que tiene la propiedad de que la energía requerida para establecer en el un campo eléctrico, se recupera en toda o en parte como energía eléctrica.

Diferencia de potencial .- Es la fuerza eléctrica que hace mover los electrones de un cuerpo de un punto a otro produciendo una corriente eléctrica. También se conoce como fuerza electromotriz voltaje o tensión eléctrica. Se mide en volts, también se usa el kilovolt (KV) que equivale a mil volts.

Disparo .- Nombre con que se conoce la apertura no voluntaria de un interruptor.

Efecto corona .- La forma particular de la descarga luminiscente en el caso de líneas eléctricas o aparatos trabajando a altos voltajes.- Ionización del aire o gases que rodean a un conductor causada por la influencia de un alto voltaje y cuando el gradiente de potencial alcanza un cierto valor.

Electrólisis .- Proceso por el cual se descompone un compuesto en estado soluble o derretido haciendo pasar por el una corriente eléctrica.

Electrolito .- Solución acuosa de ácido sulfúrico en la cual la corriente circula en virtud del movimiento de los iones producto de una reacción química.- Una sustancia que al disolverse en un líquido adecuado (generalmente agua) se disocia en iones, convirtiendo al líquido en conductor de electricidad.

Energía .- Es la capacidad para hacer el trabajo.- Entidad física que se presenta en un sistema en varias formas, transformable una a la otra y cuyos ejemplos más importantes son mecánica, electromagnética, química, térmica y radiante.- La energía se llama potencial cuando depende solamente de la configuración y del estado físico y químico del sistema.- La energía se llama cinética cuando depende solo de los movimientos de sus diferentes partes.

Factor de potencia .- Se define como la relación de potencia actual y la potencia aparente.- F.P. igual a KW sobre KVA igual a coseno de ϕ .- Es la relación de la potencia activa y la potencia aparente.

Falla .- Es todo fenómeno anormal en cualesquiera parte de los equipos, instalaciones y de las obras que altera las condiciones de operación reduciendo o suspendiendo su funcionamiento normal.- Pérdida total o parcial del aislamiento o continuidad de un conductor eléctrico.

Falla a tierra .- Conexión accidental de un conductor a tierra, cuando la impedancia es despreciable, la conexión se llama a tierra muerta.

Falla de aislamiento .- Un decremento anormal en la resistencia de aislamiento.

Falla de un aislador o medio aislante .- Se entiende por falla de aislador o medio aislante, a la que origina una descarga disruptiva (producida por el efecto de un campo eléctrico) a través de un aislador o del aislamiento.

Fase .- Nombre con que se designa a los conductores con potencial distinto de cero.

Fenómeno transitorio .- Fenómeno que aparece en la transición de una condición de operación a otra.

Frecuencia .- Número de veces que una corriente alterna repite su ciclo en un segundo.- Se mide en ciclos por segundo o Hertz.- Es el valor recíproco del período.

Frente de la onda .- La parte de la onda observada hacia el lado del cual está viajando la misma.

Fuerza .- Es un agente físico capaz de modificar las condiciones de reposo o de movimiento de un cuerpo o de deformarlo.

Fuerza electromotriz .- Causa o acción capaz de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos en un circuito abierto, o capaz de mantener una corriente eléctrica en un circuito cerrado. En un circuito abierto la fuerza electromotriz se mide por la diferencia de potencial en un circuito cerrado es la potencia instantánea, dividida por el valor de la corriente que circula por el circuito.

Generador .- Máquina para convertir energía mecánica en eléctrica.

Hertz .- Es la unidad práctica para medir la frecuencia.- Un hertz es un ciclo por segundo.

IACS.- (Internacional Annealed Copper Standard). Norma internacional de cobre suave.

Impedancia .- Es la suma vectorial de la resistencia, la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva.- La resistencia aparente que un conductor ofrece al paso de una corriente eléctrica alterna. Incluye los efectos de la resistencia y de la reactancia.- Se mide en ohms.

Impedancia característica .- En un cable de transmisión de alta frecuencia de longitud infinita, es la relación entre el voltaje aplicado y la corriente resultante en el punto donde se aplica el voltaje. También se define como la impedancia que hace aparecer un cable de transmisión de alta frecuencia como infinitamente largo cuando se conecta a través de los extremos del cable.

Impulso .- Un aumento instantáneo y grande en el voltaje o corriente de un circuito o cable.

Instalación .- Poner en disponibilidad de operarse un conjunto de partes.

Instalación expuesta .- Instalación en la cual los aparatos están expuestos a sobretensiones de origen atmosférico.

Interruptor .- Dispositivo que se utiliza para interrumpir grandes corrientes, para desconectar circuitos o equipos, está diseñado para operar en condiciones normales de operación o de cortocircuito.

Ión .- Un átomo o molécula o grupo de moléculas que poseen carga eléctrica.

Ionización .- La formación de iones por la división de moléculas o por la adición o eliminación de electrones de átomos, moléculas o grupos de estas.- El rompimiento de las moléculas del aire o de un gas por un campo eléctrico intenso dando como resultado la formación de iones que se desplazan en forma de descarga. La ionización o formación de iones, también se producen cuando los componentes polares se disuelven.

Línea .- conductor o conductores de energía eléctrica de material metálico desnudo o formado.

Línea de fuga .- La más pequeña distancia en la superficie de una pieza de material aislante entre dos puntos a diferente potencial.

Lote .- Conjunto de equipo de iguales características que corresponden a un año de compra.- Es la cantidad de unidades de producto fabricadas esencialmente bajo las mismas condiciones de operación y que puede ser manejada como una parte de la producción.

Megger .- Instrumento portátil para medir la resistencia de aislamiento. Detector de resistencia óhmica.

Mica .- Un silicato transparente en forma de láminas que tiene alta resistencia de aislamiento, alta resistencia dieléctrica y muy buena resistencia al calor.

Mil .- Unidad de longitud usada para medir diámetros de alambres y espesores de aislamientos. Equivale a la milésima parte de una pulgada, o sean 0.240 mm.

Mil circular .- Unidad de área usada para medir preferentemente áreas de secciones circulares, de conductores. Equivale al área de un círculo que tenga un mil (milésima de pulgada) de diámetro y es igual a 0.7854 mils cuadrados. Se abrevia CM y tiene un múltiplo que es mil veces mayor, el MCM.

Molécula .- El límite extremo de divisibilidad de una sustancia pura.

Montaje fijo .- Es aquel en que las conexiones eléctricas y la sujeciones mecánica de un aparato, se efectúan por medio de tornillos.

Mordaza .- Parte conductora estacionaria, cuya función es la de alojar a la navaja para establecer el contacto y que contiene los elementos de sujeción o terminales para los conductores de alimentación.

Muestra .- Es la unidad o conjunto de unidades de producto, extraído de un lote o conforme a un plan, que debe someterse a inspección para determinar su calidad.

Navaja .- Barra conductora de cobre o de otro material de conductividad equivalente que forma la parte conductora móvil en un desconector de navajas cuya función es la de establecer o suspender contacto con una parte fija llamada mordaza.

Neutro (Tierra).- Es una conexión a tierra de o de los puntos neutros de un circuito, transformador, maquinaria rotativa, o sistema.

Nivel nominal de aislamiento de un transformador .- Combinación de valores de la tensión eficaz a la frecuencia del sistema y de la tensión en onda de choque que caracterizan al aislamiento del transformador en lo que concierne a su aptitud para resistir los esfuerzos dieléctricos.

Nominal .- Término calificativo aplicado a una magnitud que usada en la especificación de una máquina o un aparato.

Núcleo atómico .- La parte central de un átomo con carga positiva y que contiene casi toda la masa del átomo.

Ohm .- Es la unidad de resistencia eléctrica.- Es la resistencia eléctrica entre dos puntos de un conductor, cuando una diferencia de potencial constante de un volt, aplicada entre esos dos puntos, produce una corriente de un ampere entre el conductor, siempre y cuando no se genere una fuerza electromotriz en el conductor y la temperatura permanece constante.

Onda .- Modificación del estado físico de un medio que al propagarse lo hace como disturbio local.

Onda estacionaria .- Un estado de vibraciones en las cuales el fenómeno oscilatorio de todos los puntos son gobernados por la misma función de tiempo, con la excepción de un factor numérico, variando de un punto a otro.

Onda longitudinal .- Onda que se caracteriza por un vector paralelo con la dirección de propagación.

Onda plana .- Una onda tal que las magnitudes físicas correspondientes son uniformes en cualquier plano perpendicular a una dirección dada.

Onda progresiva .- Onda que se propaga libremente en un medio.

Onda sinusoidal plana .- Una onda progresiva plana tal que las magnitudes correspondientes físicas varían sinusoidalmente con el tiempo.

Operación .- El término operación descrito cómo se actúan los dispositivos.

Operación manual .- Significa que un dispositivo es accionado a mano sin el empleo de otra fuente de energía.

Operación manual directa .- Significa que un dispositivo tiene su manija de operación a distancia y acoplada mediante mecanismos auxiliares.

Operación manual remota .- Significa que un dispositivo tiene su manija de operación a distancia y acoplada mediante mecanismos auxiliares.

Ozono .- Forma de oxígeno extremadamente activa que existe por lo general alrededor de los lugares donde hay descargas eléctricas. En concentraciones suficientes destruye ciertos aislamientos de hule, principalmente en las partes sujetas a tensión mecánica como en las curvaturas de los cables.

Panel .- Se entiende por panel a una unidad de tablero construida de una o más secciones para montarlas en soportes comunes y taladrada adecuadamente para el montaje de los de los aparatos y mecanismos.

Pérdidas dieléctricas .- La energía convertida en calor en un dieléctrico sujeto a un campo eléctrico variable.-La potencia disipada en un dieléctrico como resultado de la fricción producida por el movimiento molecular cuando se le aplica un campo eléctrico alterno.

Perforación de aislamiento.- El término perforación de aislamiento se utiliza cuando la descarga disruptiva se produce en el interior de un sólido.

Perro .- Mordaza para aprisionar cables.

Pértiga .- Herramienta que sirve para operar equipo instalado en alta tensión y a distancia determinada.

Peso atómico.- La masa de un átomo dividida por un dieciseisavo de la masa de un átomo de un oxígeno.

Placa .- Es el conjunto de material activo y su soporte, que sumergida en el electrolito constituye el electrodo del acumulador.

Placa indicadora .- Una placa anexada a una máquina o aparato que nos da sus datos de servicio nominal y los valores correspondientes al régimen nominal.

Placa negativa .- Es la placa hacia la cual fluye la corriente eléctrica hacia el circuito externo durante la descarga de la celda acumuladora.

Placa positiva .- Es la placa de la cual fluye la corriente eléctrica hacia el circuito externo durante la descarga de la celda acumuladora.

Plano .- Un modelo matemático que especifica e indica las características de una superficie o volumen de equipo o equipos.

Planta generadora .- Es aquella que por su importancia en el sistema en el que operan deben mantenerse en servicio por tiempo indefinido.

Plástico.- Un material compuesto por moléculas de cadena larga capaz de ser moldeado o conformado en cuerpos relativamente rígidos. Las moléculas de los plásticos consisten en combinaciones de átomos, generalmente solo de carbono, hidrógeno y oxígeno, pero algunas veces también de nitrógeno, cloro, fluor o silicio.

Plastificante.- Agente químico agregado a un plástico para hacerlo más suave y más flexible.

Polaridad .- Carga eléctrica positiva o negativa.

Polietileno .- Material termoplástico compuesto por polímeros de etileno, con excelentes características dieléctricas como alta resistencia de aislamiento, baja constante dieléctrica y bajas pérdidas a todas las frecuencias. Su temperatura de operación normal cuando se usa como aislamiento o como cubierta protectora es de 75°C. La mayoría de sus compuestos usados como aislamientos o recubrimientos de cables se pueden clasificar en tres tipos básicos: polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y polietileno vulcanizado.

Polietileno de alta densidad.- Tipo de polietileno que tiene mayor dureza que el de baja densidad; sin embargo, similar en la mayoría de sus características químicas y eléctricas. Su aplicación se reduce a los casos en que se requiere alta resistencia a la abrasión y a la deformación. Su densidad varía entre 935 y 965 gr/cc.

Polietileno de baja densidad.- Tipo de polietileno que ofrece un buen balance entre su flexibilidad y propiedades mecánicas para la mayoría de las aplicaciones en cables. Su densidad varía entre 910 y 930 gr/cc. Su limitación principal en su temperatura de ablandamiento: más o menos 100°C aunque esto no representa un gran riesgo cuando se usa en cables diseñados para operar a menos de 80°C.

Polietileno vulcanizado.- Material termoestable resultante de la vulcanización del polietileno que tiene mejores propiedades que este, principalmente en lo que se refiere a deformación térmica lo que le permite ser usado como aislamiento de cables en lugares secos o húmedos, en instalaciones aéreas o directamente enterrados, a temperaturas hasta de 90°C para operación normal; 130°C en condiciones de emergencia y 250°C en condiciones de corto circuito.

También se conoce con el nombre de polietileno de cadena cruzada con las iniciales XLP, TPE o PTE.

Polímero.- Una sustancia hecha por repetición de unidades químicas o moléculas. El término polímero se usa frecuentemente en lugar de plástico, hule o elastómero.

Poner a la masa .- Conectar un conductor a la masa de una máquina o la masa de metal que les sirva como tierra.

Postes .- Estructuras generalmente usadas para zonas urbanas en las que los requerimientos de estética predomina ante los de economía, o también en lugares donde se necesita reducir el ancho del derecho de vía, son estructuras llenas de base reducida y sección circular, elíptica o poligonal, asemejándose a la configuración de una palmera.

Poste terminal.- Son los bornes de la celda o batería, a los cuales se conecta el circuito externo.

Potencia .- Es la rapidez con que se efectúa el trabajo.- Potencia media , es el trabajo(energía) dividida entre el tiempo en el cual se efectuó ese trabajo(energía producida).

Potencia Activa.- Es la potencia media en el circuito de corriente alterna, con corrientes sinusoidales, es igual al producto de la tensión o fuerza electromotriz por la corriente activa.

Potencia aparente.- Es el producto de la corriente RCM por la tensión RCM.

Potencia reactiva.- es el producto de la tensión o fuerza electromotriz por la corriente reactiva, es un régimen sinusoidal.

Potencial de tierra.- Un circuito, terminal o armazón se dice que está a potencial de tierra cuando es usado como punto de referencia para otros potenciales en el sistema.

Pruebas de aceptación .- La totalidad de las pruebas efectuadas en presencia del representante del cliente para verificar la calidad del lote.

Pruebas de calidad .- El total de pruebas efectuadas en un aparato o en varias piezas de un aparato del mismo tipo que aseguran que el aparato en prueba satisface las condiciones de trabajo y todas las demás como diseño, dimensiones calidad de material y trabajo.

Punto neutro.- El punto común de la estrella de un sistema polifásico. El punto común de un sistema simétrico que normalmente está a potencial cero y a menudo conectado directamente a tierra.

Relación de transformación de un transformador.- relación entre la corriente primaria y la corriente secundaria.

Relación de un transformador.- Se denomina de esta manera a la relación de vueltas del transformador, a menos que se especifique otra cosa.

Relevador .- Aparato que corresponde a un cierto cambio en un circuito eléctrico con el objeto de causar ciertos cambios dados en el mismo o en otro circuito eléctrico, el circuito directamente acciona un control o un circuito de señales.

Remate .- Fin de una parte.

Resina .- Sustancia orgánica sólida o semisólida de origen vegetal o sintética, no conductora de la electricidad y soluble en solventes orgánicos pero no en agua. Los diferentes tipos de resinas se usan principalmente como aislamientos y para encapsulado.

Resistencia .- En corriente directa es el cociente de la diferencia de potencial aplicada a los extremos de un conductor dividida entre la corriente que se produce, cuando el conductor no genere ninguna fuerza electromotriz.- Propiedad de un conductor que determina la corriente producida por una diferencia de potencial determinada. Se mide en ohms.

Resistencia de aislamiento.- La resistencia bajo las condiciones especificadas entre dos conductores o sistema de conductores normalmente separados por un aislante. La resistencia ofrecida por un material aislante al flujo de la corriente eléctrica producida al aplicarle un voltaje continuo, es decir no alterno.

Resistencia de aislamiento de un conductor aislado.- Es la resistencia que ofrece el aislamiento del conductor, a la aplicación directa de voltaje con tendencias a producir fugas de corriente a través del aislamiento.

Resistencia de contacto .- La diferencia de potencial entre dos superficies en contacto, dividida por la corriente que pasa entre ellos en la ausencia de cualquier fuerza electromotriz.

Resistencia de tierra.- La diferencia de potencial entre el conductor y la masa de la tierra a un punto razonablemente distinto dividida por la corriente en el conductor.

Resistencia dieléctrica.- El máximo gradiente de potencial que un material puede resistir sin ruptura. También se llama gradiente disruptivo y su valor depende del espesor del material y del método y condiciones de la prueba.

Resistividad.- Es la resistencia eléctrica específica de un material y se determina sobre una muestra del material que tenga la unidad de longitud y la unidad de sección transversal.

Restaurador.- Equipo que sirve para reconectar.

Resonancia.- Fenómeno que presenta un sistema oscilante en el cual el período de las oscilaciones libres es el mismo que el de las forzadas.

Revestimiento adecuado.- Es un material aislante, cuando él mismo es recubierto con una sustancia conveniente, tal como un barniz que lo proteja de la humedad, suciedad u otras contaminaciones, en un grado tal que asegure un adecuado comportamiento durante el servicio.

Rigidez dieléctrica.- La propiedad de un dieléctrico por la que se opone a una descarga disruptiva, se mide, por la intensidad del campo eléctrico con la que se rompería el dieléctrico.

Saturación.- Atributo de una situación visual la cual permite estimar la proporción de color cromático puro en la sensación total. El estado de una sustancia puesta en un campo tan fuerte que la intensidad de magnetización llega a ser independiente del campo, entonces se dice que la sustancia está saturada.

Sección transversal.- Es el área de la superficie presentada por un corte perpendicular a la longitud de un cuerpo. En el caso de un cable es la suma de las áreas transversales de los alambres que lo forman.

Semiconductor .- Un conductor de electrones no metálico.

Sistema con neutro aislado.- Sistema que no tiene conectado voluntariamente el neutro a tierra o en todo caso lo tiene a través de elementos indicadores, de medición o de protección, con impedancia elevada.

Sistema con neutro a tierra.- Sistema donde el neutro está conectado a tierra, ya sea directamente o a través de una impedancia que reduzca las oscilaciones transitorias y deje pasar una corriente suficiente para la protección por corriente a tierra.

Sobrecarga .- El exceso de la carga actual sobre la nominal.

Sobreintensidad de corriente.- Una corriente anormal más grande que la de a plena carga.

Soplo magnético.- Efecto producido por la acción de un campo magnético sobre una corriente eléctrica, se usa para extinguir o modificar un arco.

Subestación eléctrica.- Una subestación eléctrica, es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etcétera), tipo C.A. o C.C., o bien conservarla dentro de estas características.

Tablero.- Un panel o grupo de paneles individuales diseñados para constituir un solo panel; incluye barras, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede tener o no interruptores para controlar los circuitos de fuerza, iluminación y calefacción. Está diseñado para instalarse dentro de una caja

o gabinete colocado, embutidos o adosados en una pared y ser accesibles por el frente o por ambos lados.

Temple.- Tratamiento térmico o mecánico dado a los metales o aleaciones para controlar sus características como el grado de suavidad. Las normas ASTM consideran tres temple para el cobre: suave, semiduro y duro; y tres para el aluminio; medio duro, 3/o duro y duro, cuando se usan como conductores eléctricos.

Tensión disruptiva.- La tensión necesaria para producir una descarga disruptiva entre dos conductores.

Tensión eléctrica.- Tensión eléctrica o diferencia de potencial es la integral de línea de un punto a otro, de un campo eléctrico.

Terminal.- Elemento de sujeción para los conductores de alimentación y carga que se encuentran contenidos en las bisagras, mordazas o portafusibles.

Tierra .- se dice que una conexión conductiva hace tierra, bien sea en forma intencional o accidental, tratándose de un circuito o equipo eléctrico, cuando exista esa conexión o contacto sea a tierra o a algún cuerpo que haga sus veces.

Torre .- Son las estructuras más comúnmente usadas en las líneas de transmisión por ser las más económicas son del tipo de celosía, con base amplia a efecto de reducir los esfuerzos en sus miembros y en los cimientos. Son muy usadas en zonas a campo traviesa o zonas suburbanas que no exigen consideraciones rígidas de tipo estético.

Trabajo.- Entidad física que se mide por la integral de línea de la fuerza a lo largo de su trayectoria tomada desde el punto de aplicación de la fuerza.

Transformador .- Es un dispositivo eléctrico sin partes en movimiento el cual por inducción electromagnética, transforma energía eléctrica de uno o mas circuitos a uno o mas circuitos, a la misma frecuencia y cambiando usualmente los valores de tensión y corriente.

Transformador sumergido en aceite con enfriamiento por aceite.- (en circulación forzada).- Es aquel transformador en el cual el núcleo y las bobinas están sumergidas en aceite, efectuándose el enfriamiento principalmente por la circulación forzada de aceite a través de algún sistema exterior de serpentines.

Transmisión.- Transporte de la energía entre dos puntos distantes entre sí.

Trifásico.- Vocablo para determinar que un aparato o circuito tiene tres fases de trabajo.

Valor de cresta.- El máximo de los valores de una magnitud durante un intervalo dado.

Valor eficaz de una magnitud periódica.- Es la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los valores que componen la magnitud, durante un periodo completo, su abreviación es RCM y así debe entenderse cuando se hable de tensión o corriente alterna.

Valor instantáneo.- Valor de una magnitud variable en un instante dado.

Varilla de tierra.- Barra de cobre u otro metal utilizado para aterrizar circuitos.

Volt.- Es la unidad de fuerza electromotriz, diferencia de potencial o tensión eléctrica.- Un volt es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un conductor por el que circula una corriente constante de un ampere, cuando la potencia disipada entre esos dos puntos es de un Watt.

Voltaje de relampagueo húmedo.- (Wet flashover voltage).- Se entiende por voltaje de relampagueo húmedo, al voltaje en el cual al ser aplicado el aire circundante en un aislador limpio y húmedo, irrumpe totalmente entre los electrodos.

Voltaje de relampagueo seco.- (Dry flashover voltage).- Se entiende por voltaje de relampagueo seco, al voltaje a que el aire circundante en un aislador seco y limpio, o coraza, irrumpe totalmente entre los electrodos.

Voltaje de ruptura.- El voltaje al cual un aislamiento falla.

Volt Ampere Hora.- Es la unidad práctica para medir la energía aparente.

Volt Ampere reactivo.- Es la unidad práctica para medir potencia reactiva.- Un volt ampere reactivo es la potencia reactiva cuando circula un ampere por segundo a la tensión de un volt.

Volumen equipotencial.- Volumen en el cual todos los puntos tienen igual potencial.

Vulcanización .- Reacción química por la cual las propiedades físicas de un elastómero son cambiadas por medio de un agente químico con el azufre, usando calor y generalmente presión.

Watt .- Es la unidad de potencia.- Un watt es la potencia requerida para efectuar un trabajo de un joule en un segundo.

Watt-Hora.- Es la unidad práctica para medir energía.-Un watt-hora es la energía generada o consumida durante una hora con la potencia de un watt y es equivalente a 3600 joules.

BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Diccionario de terminología eléctrica, editado por CANAME_CCONNIE (comité consultivo nacional de normalización de la industria eléctrica, cámara nacional de manufacturas eléctricas). Ing. Jesús Garduño Fernández. Enero de 1971.
- 2.- Manual de diseño de subestaciones tomos i, II, III, IV. Luz y Fuerza del centro.
- 3.- Instructivo de Operación de interruptor de potencia en SF6 FXT17-420 Luz y Fuerza del Centro, proyecto Alstom 9711.
- 4.- Fundamentos de instalaciones electricas de mediana y alta tensión. Ing. Gilberto Enriquez Harper. Ed. Limusa, segunda edición. 2002
- 5.- Agenda del ingeniero electricista. Ed. Agenda del abogado. Edición 2001
- 6.-De la filosofía de la calidad al sistema de mejora continua. Editorial Panorama. Primera edición 2002. Autor Gilberto Perlata Alemán
- 7.- Todo el Project 4.1 en un solo libro. Editorial Trillas. Lic. Marta Beatriz Martins. Segunda edición marzo de 1999.
- 8.- Método de la Ruta Crítica y sus aplicaciones a la construcción. Editorial Limusa. Segunda edición en español, 2001. Autores James M. Antill, Ronald W. Woodhead
- 9.- Pruebas necesarias para el montaje de equipo eléctrico de potencia en subestaciones de alta tensión de Luz y Fuerza. Tesis Profesional del ingeniero Raymundo Hernández Maciel México D.F.
- 10.- "Teoría, Operación y Mantenimiento de interruptores de alta tensión en Compañía de Luz y Fuerza del Centro. Tesis del señor Manuel Ignacio Escudero. México D.F. 1979 IPN.
- 11.- Sistema Analizador de Aislamientos Para Windows M4000 guía del usuario. Doble Engineering Company. 1997.
- 12.- Manual de Operación y Manejo del Sistema TR3000. Doble Engineering Company. 1997.
- 13.-Estudio para el proyecto del anillo de 400KV, Líneas de transmisión de extra alta tensión. Gerencia de Planeación e Ingeniería, Ingeniería Civil. Ingenieros Héctor Romero fuentes, Francisco Tello Amador Luz y Fuerza del Centro. Marzo de 1972.
- 14.- Protección de Sistemas Eléctricos. Gilberto Enriquez Harper. Editorial Limusa. Primera reimpresión 1984.

- 15.- Energía Eléctrica. Michel Aguet, Jean Jacques Morf. Editorial Limusa 1988.
- 16.- Manual de Instrucción para uso del TTR Transformer Turn Ratio Test Set. James G. Biddle. Electrical & Speed Measuring Instruments. Séptima edición 1976.
- 17.- Catalogo de Especificaciones de Materiales misceláneos para construcción de subestaciones. Subgerencia de construcción de subestaciones Luz Y Fuerza del centro.
- 18.- Proyecto constructivo para la subestación Teotihuacan 400/230 KV, 990 MVA, arreglo Interruptor y medio. Subestación convencional. Luz y Fuerza del Centro.
- 19.- Tendencias Actuales en el Diseño de Subestaciones de Alta Tensión. Ingeniero Jacinto Viqueira Landa. Luz y Fuerza del Centro julio de 1975.
- 20.- Instructivo de Montaje de Bobinas de Bloqueo. Alstom T & D.
- 21.- Instructivo de montaje de Transformadores de Potencial Capacitivo. Luz y fuerza del Centro, Alstom T & D.
- 22.- Norma Oficial Mexicana NOM – J – 150/2 – 1987. Productos eléctricos, coordinación de aislamiento. Parte 2 guía de aplicación.

ANEXO 1

- 1.- Costos unitarios
- 2.- Programa de Montaje
- 3.- Formatos complementarios

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DE UN AISLADOR SOPORTE DE BUS

Nº	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PREPARACION DE ESTRUCTURA	1	PZA	0.67	1.5	2	2	0.375	12	\$243
2	LIMPIEZA DE CUERPOS	3	PZA	3	1	2	2	0.25	8	\$162
3	ARMADO DE CUERPOS	3	PZA	2	1.5	2	2	0.375	12	\$243
4	MONTAJE DE AISLADOR A ESTRUCTURA	1	PZA	1	1	2	2	0.25	8	\$162
5	NIVELACION DE AISLADOR	1	PZA	2	0.5	2	2	0.125	4	\$81
6	PRUEBAS	2	PBA	2	1	2	2	0.25	8	\$162
7										
8										
9										
10										

TOTAL	52	\$1.053
--------------	-----------	----------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DE UNA TRAMPA DE ONDA

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PRUEBAS DE CAMPO T O	2	PBA	0.5	4	2	2	8hrs	32	\$648
2	ARMADO Y LIMPIEZA DE CUERPOS	1	JGO	0.25	4	2	2	8hrs	32	\$648
3	MONTAJE Y NIVELACION DE CUERPOS	1	JGO	0.25	4	2	2	8hrs	32	\$648
4	MONTAJE DE TAMPA DE ONDA	1	PZA	0.25	4	2	2	8hrs	32	\$648
5										
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	128	\$2,592
--------------	------------	----------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DE 3TC s O 3TP s 400kv

Nº	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PREPARACION DE BASE ESTRUCTURA	3	PZA	0.5	6	2	2	1.5	48	\$972
2	REVISION Y LIMPIEZA	3	PZA	0.5	6	2	2	1.5	48	\$972
3	COLOCACION Y NIVELACION	3	PZA	0.22	13.5	2	2	3.375	108	\$2.187
4	REVISION INTERNA Y AJUSTE	3	PZA	0.66	4.5	2	2	1.125	36	\$729.00
5	PRUEBAS DE CAMPO	6	PBA	1	6	2	2	1.5	48	\$972
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	288	\$5.832
--------------	------------	----------------

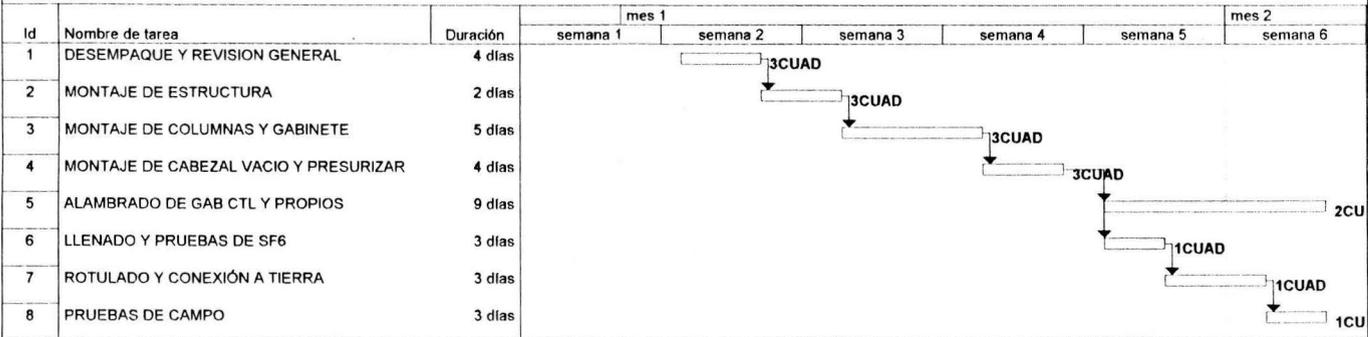
ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DE UN TPC DE 400KV

Nº	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	REVISION Y LIMPIEZA TPC	1	PZA	0.5	2	2	2	0.5	16	\$324
2	ARMADO DE TPC	1	PZA	0.5	2	2	2	0.5	16	\$324
3	MONTAJE DE TPC	1	PZA	0.22	4.5	2	2	1.125	36	\$729
4	NIVELACION DE TPC	1	PZA	0.67	1.5	2	2	0.375	12	\$243.00
5	PRUEBAS DE CAMPO	2	PBA	1	2	2	2	0.5	16	\$324
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	96	\$1,944
--------------	-----------	----------------

3.4.5.- MONTAJE DE UN INTERRUPTOR DE POTENCIA DE 400KV



Proyecto MONT INT 400KV	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

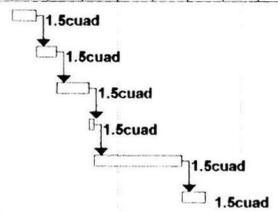
MONTAJE DE UN INTERRUPTOR DE 400KV

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	LIMPIEZA Y REVISION GENERAL	1	LOTE	0.04	24	3	3	4	192	\$3,888
2	MONTAJE DE ESTRUCTURA	1	LOTE	0.08	12	3	3	2	96	\$1,944
3	MONTAJE DE COLUMNAS Y GABS	6	PZA	0.2	30	3	3	5	240	\$4,860
4	MONTAJE DECABEZALES Y PRESURIZAR	3	PZA	0.08	36	3	3	4	288	\$5,832.00
5	ALAMBRADO DE GABINETES	4	PZA	0.11	36	2	2	9	288	\$5,832
6	LLENADO Y PRUEBAS SF6	23	LOTE	3.83	6	1	1	3	48	\$972
7	ROTULADO CONEXIÓN A TIERRA	1	LOTE	0.16	6	1	1	3	48	\$972
8	PRUEBAS DE CAMPO	36	PBA	6	6	1	1	3	48	972
9										
10										

TOTAL	1248	\$25,272
--------------	-------------	-----------------

3.4.6.- MONTAJE DE TRES APARTARRAYOS DE 400KV

Id	Nombre de tarea	Duración	semana 2			semana 3			semana 4			semana 5			semana 6			semana 7			semana 8				
			S	L	M	V	D	M	J	S	L	M	V	D	M	J	S	L	M	V	D	M	J	S	L
1	PREPARACION DE BASES ESTRUCTURALES	9 horas																							
2	LIMPIEZA Y ARMADO DE CUERPOS	12 horas																							
3	MONTAJE NIVELACION Y ANCLAJE	12 horas																							
4	COLOCACION DE ANILLOS EN CUERPO	6 horas																							
5	INSTALACION DE CONTADOR DE DESCARGA	24 horas																							
6	PRUEBAS DE CAMPO	9 horas																							



Proyecto TTH MONT APARTARRAYO	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

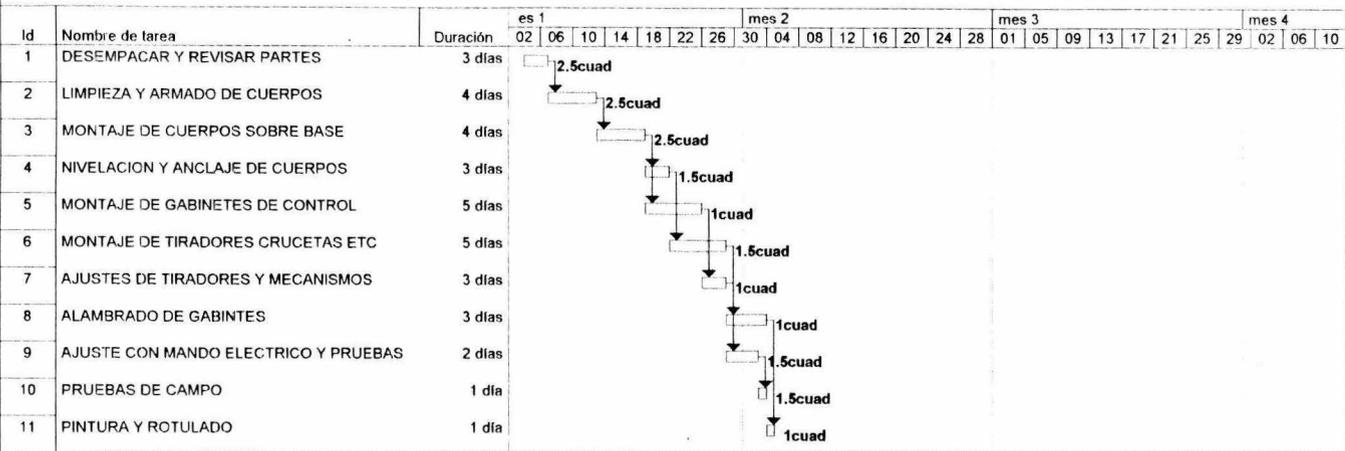
ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DE TRES APARTARRAYOS DE 400KV

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	EPARACION DE BASES ESTRUCTURAL	3	PZA	0.89	3.37	2	1	1.125	27	\$547
2	LIMPIEZA Y ARMADO DE CUERPOS	6	PZA	1.33	4.5	2	1	1.5	36	\$729
3	MONTAJE NIVELACION Y ANCLAJE	3	PZA	0.66	4.5	2	1	1.5	36	\$729
4	COLOCACION DE LOS ANILLOS	3	PZA	1.33	2.25	2	1	0.75	18	\$364.00
5	INST. DE LOS CONTADORES DESCARGA.	3	PZA	0.33	9	2	1	3	72	\$1,458
6	PRUEBAS DE CAMPO	6	PBA	1.7	3.38	2	1	1.125	27	\$546
7										
8										
9										
10										

TOTAL	216	\$4,373
--------------	------------	----------------

3.4.7.- MONTAJE DE UN JUEGO DE CUCHILLAS DESCONECTADORAS O DE TIERRA DE 400KV



Proyecto TTH CUCH 400KV	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DE UN JUEGO DE CUCHILLAS DE 400KV

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	DESEMPAQUE Y REVISION DE PARTES	1	LOTE	0.06	15	2	3	3	120	\$2,430
2	LIMPIEZA Y ARMADO DE CUERPOS	1	LOTE	0.05	20	2	3	4	160	\$3,240
3	MONTAJE DE CUERPOS SOBRE BASE	1	LOTE	0.05	20	2	3	4	160	\$3,240
4	NIVELACION Y ANCLAJE DE CUERPOS	1	LOTE	0.11	9	1	2	3	72	\$1,458.00
5	MONTAJE DE GABINETES CONTROL	3	GAB	0.3	10	1	1	5	80	\$1,520
6	MONTAJE DE TIRADORES Y CRUCETAS	1	LOTE	0.06	15	1	2	5	120	\$2,430
7	JUSTES DE TIRADORES Y MECANISMO	1	LOTE	0.16	6	1	1	3	48	\$972
8	ALAMBRADO DE GABINETES	3	GAB	0.5	6	1	1	3	48	\$972
9	AJUSTE CON MANDO ELECTRICO	1	LOTE	0.16	6	1	2	2	48	\$972
10	PRUEBAS DE CAMPO	3	PBA	1	3	1	2	1	24	\$486
	ROTULADO Y PINTURA	1	LOTE	0.33	3	1	1	1	24	\$486

TOTAL	904	\$18,306
--------------	------------	-----------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE 12 METROS DE BUS DE TUBO DE 400KV

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	LIMPIEZA DE TUBO	12	MTS	20	0.5	2	2	0.25	4	\$81
2	DOBLEZ DE TUBO	12	MTS	6.67	1.5	2	2	0.5	12	\$243
3	PRESENTAR Y CORTAR TUBO	12	MTS	13.37	0.75	2	2	0.25	6	\$121
4	INSTALAR Y CONECTAR TUBO	12	MTS	8	1.25				10	\$202.50
5										
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	32	\$647
--------------	-----------	--------------

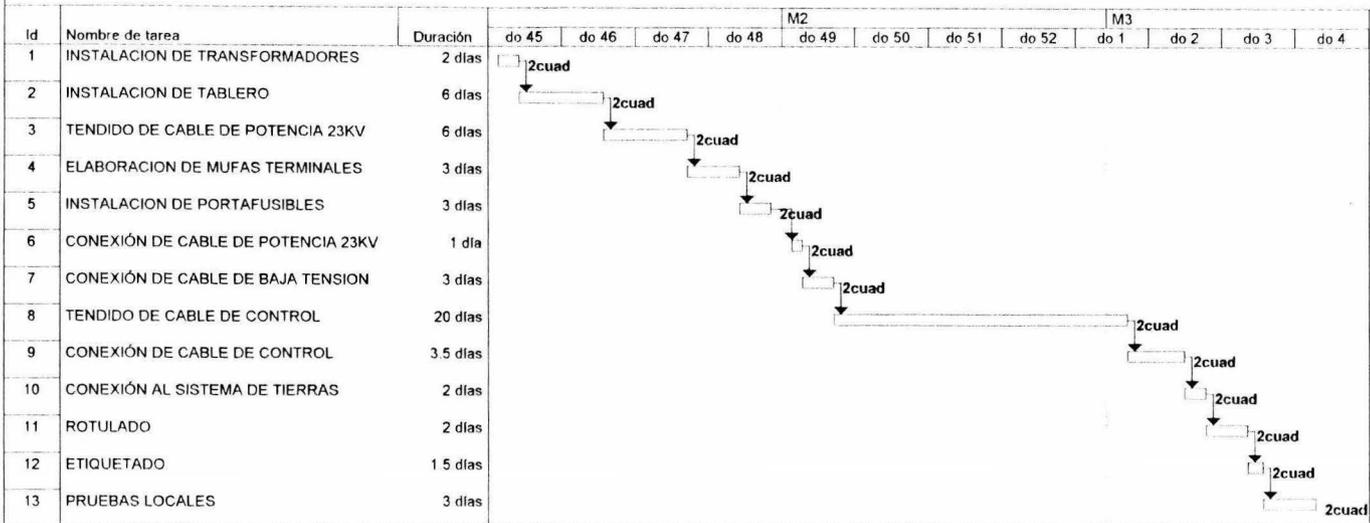
ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE ALUMBRADO EXTERIOR

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	INSTALACION DE CONDUITS	220	MTS	5	39	2	1	13	312	\$6,240
2	TENDIDO DE CABLE	3000	MTS	30	96	2	1	32	768	\$15,360
3	INST. Y CONEXIÓN DE LUMINARIAS	20	PZA	0.333	57	2	1	19	456	\$9,120
4	INST. Y CONEXIÓN DE TERMICOS	4	PZA	0.333	6	2	1	2	48	\$960
5	PRUEBAS DE CAMPO	1	PBA	0.333	3	2	1	1	24	\$480
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	1608	\$32,160
--------------	-------------	-----------------

3.4.10.- MONTAJE DEL TABLERO DE SERVICIO DE ESTACION EXTERIOR



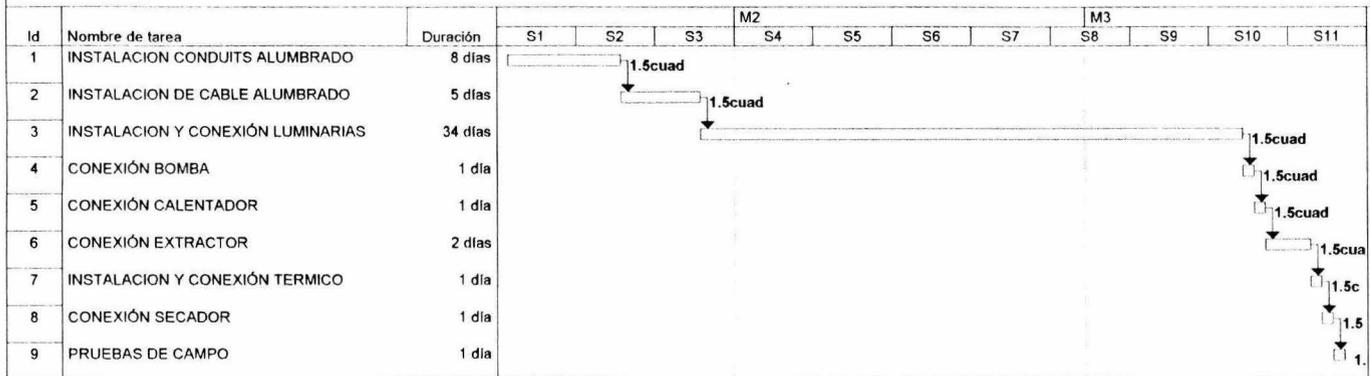
Proyecto: MONTAJE SERV EST EXT	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DEL SERVICIO DE ESTACION EXTERIOR

Nº	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	INSTALACION DE TRANSFORMADORES	2	PZA	0.25	8	2	2	2	64	\$1,296
2	INSTALACION DE TABLEROS	2	PZA	0.08	24	2	2	6	192	\$3,888
3	TENDIDO DE CABLE DE 23KV	450	MTS	18.75	24	2	2	6	192	\$3,888
4	ELABORACION DE MUFAS	6	PZA	0.5	12	2	2	3	96	\$1,944.00
5	INSTALACION DE PORTAFUSIBLES	3	PZA	0.25	12	2	2	3	96	\$1,944
6	CONEXIÓN DE CABLE DE 23KV	6	PZA	1.5	4	2	2	1	32	\$648
7	CONEXIÓN DE CABLE B.T.	16	PZA	1.33	12	2	2	3	96	\$1,944
8	TENDIDO DE CABLE DE CONTROL	2640	MTS	33	80	2	2	20	640	\$12,960
9	CONEXIÓN DE CABLE DE CONTROL	140	PZA	10	14	2	2	3.5	112	\$2,268
10	CONEXIÓN AL SISTEMA DE TIERRAS	8	PZA	1	8	2	2	2	64	\$1,296
11	ROTULADO	1	LOTE	0.13	8	2	2	2	64	\$1,296
12	ETIQUETADO	60	PZA	10	6	2	2	1.5	48	\$972
13	PRUEBAS LOCALES	8	PBA	0.67	12	2	2	3	96	\$1,944
14										
15										
								TOTAL	1792	36288

3.4.11.- INSTALACION DE ALUMBRADO EN SALON DE TABLEROS



Proyecto INSTALUMBSALTABS

Tarea	[Barra]	Resumen	[Barra]	Progreso resumido	[Barra]
División	[Barra]	Tarea resumida	[Barra]	Tareas externas	[Barra]
Progreso	[Barra]	División resumida	[Barra]	Resumen del proyecto	[Barra]
Hito	[Diamante]	Hito resumido	[Diamante]		

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE ALUMBRADO EN SALON DE TABLEROS

Nº	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	INSTALACION DE CONDUITS	120	MTS	5	24	2	1	8	192	\$3.888
2	TENDIDO DE CABLE	450	MTS	30	15	2	1	5	120	\$2.430
3	INST Y CONEXIÓN DE LUMINARIAS	34	PZA	0.33	102	2	1	34	816	\$16.524
4	CONEXIÓN BOMBA	1	PZA	0.33	3	2	1	1	24	\$486.00
5	CONEXIÓN CALENTADOR	1	PZA	0.33	3	2	1	1	24	\$486
6	CONEXIÓN EXTRACTOR	2	PZA	0.33	6	2	1	2	48	\$972
7	INSTALACION Y CONEXIÓN TERMICO	1	LOTE	0.33	3	2	1	1	24	\$486
8	INSTALACION Y CONEXIÓN TABLERO	1	LOTE	0.33	3	2	1	1	24	\$486
9	PRUEBAS DE CAMPO	1	LOTE	0.33	3	3	1	1	24	\$486
10										
11										
12										
13										
14										
15										
TOTAL									1296	\$26.244

3.4.12.- INSTALACION DE UN BANCO DE BATERIAS Y UN CARGADOR DE 125V O DE 48V

Id	Nombre de tarea	Duración	semana 2		semana 3		semana 4		semana 5		
			V	L	J	D	M	S	M	V	L
1	PREPARACION Y FIJACION DE HERRAJES	2 días									
2	COLOCACION DE BATERIAS	3 días									
3	LLENADO DE BATERIAS	3 días									
4	INTERCONEXION DE BATERIAS	4 días									
5	MONTAJE Y FIJACION DEL CARGADOR	2 días									
6	PRUEBAS DE CAMPO A BATERIAS Y CARGADOR	3 días									



Proyecto: BCO BAT CARG125	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE 1 BANCO DE BATERIAS DE 125VCD O 48VCD

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PREP. Y FIJACION DE HERRAJES	1	LOTE	0.17	6	2	1	2	48	\$972
2	COLOCAR BATERIAS	1	LOTE	0.11	9	2	1	3	72	\$1,458
3	LLENADO DE BATERIAS	1	LOTE	0.11	9	2	1	3	72	\$1,458
4	INTERCONEXION DE BATERIAS	1	LOTE	0.08	12	2	1	4	96	\$1,944.00
5	MONTAJE DEL CARGADOR	1	PZA	0.17	6	2	1	2	48	\$972
6	PRUEBAS BATERIA Y CARGADOR	4	PBAS	0.44	9	2	1	3	72	\$1,458
7										
8										
9										
10										

TOTAL	408	\$8,262
--------------	------------	----------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

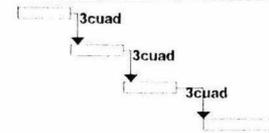
INSTALACION DE 20 METROS DE BUS CABLE ACSR 1113MCM

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PREPARACION DE CADENAS	20	MTS	26.67	0.75	3	3	0.125	6	\$122
2	INSTALAR CADENAS	20	MTS	13.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243
3	CORTE DE CABLE	20	MTS	26.67	0.75	3	3	0.125	6	\$122
4	SUBIR CABLE	20	MTS	13.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243.00
5	TENSAR CABLE	20	MTS	13.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	48	\$972
--------------	-----------	--------------

3.4.14.- INSTALACION DE 200 METROS DE HILO DE GUARDA

Id	Nombre de tarea	Duración	L															
			8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2
1	MEDICION Y CORTE DE CABLE	2 horas																
2	INSTALAR HERRAJES	2 horas																
3	SUBIR CABLE	2 horas																
4	TENSAR CABLE	2 horas																



Proyecto TENDIDO HILOGUARDA

Tarea

División

Progreso

Hito

Resumen

Tarea resumida

División resumida

Hito resumido

Progreso resumido

Tareas externas

Resumen del proyecto

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE 200 METROS DE HILO DE GUARDA

Nº	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	MEDICION Y CORTE DE CABLE	200	MTS	133.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243
2	INSTALAR HERRAJES	1	LOTE	0.67	1.5	3	3	0.25	12	\$243
3	SUBIR CABLE	200	MTS	133.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243
4	TENSAR CABLE	200	MTS	133.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243.00
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
TOTAL									48	\$972

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

CONEXIÓN DE 20 PUNTAS DE CONTROL Y/O TELEFONICO

Nº	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PREPARACION DE CABLE	20	PZA	40	0.5	1	1	0.25	4	\$81
2	CONEXIÓN DE CABLE	20	PZA	20	1	1	1	0.5	8	\$162
3	PLANCHADO DE CABLE	20	PZA	40	0.5	1	1	0.25	4	\$81
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	16	\$324
--------------	-----------	--------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

CONEXIÓN DE 2 PUNTAS DEL SISTEMA DE TIERRAS A EQUIPO Y ESTRUCTURA

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PERFORACION DE ESTRUCTURA	2	PZA	4	0.5	1	1	0.25	4	\$81
2	MACHUELEADO DE ESTRUCTURA	2	PZA	4	0.5	1	1	0.25	4	\$81
3	CORTE DE CABLE DE 4/0	2	PZA	8	0.25	1	1	0.125	2	\$40
4	PLANCHADO DE CABLE A ESTRUCTUR	2	PZA	8	0.25	1	1	0.125	2	\$40.00
5	COLOCACION DE CONECTOR	2	PZA	8	0.25	1	1	0.125	2	\$40
6	FIJACION DE CABLE A ESTRUCTURA	2	PZA	8	0.25	1	1	0.125	2	\$40
7										
8										
9										
10										

TOTAL	16	\$324
--------------	-----------	--------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE 20 METROS DE CABLE DE 4/0 PARA MALLA DE TIERRAS

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	CORTE DE CABLE DE 4/0	20	MTS	80	0.25	1	1	0.125	2	\$41
2	TENDIDO DE CABLE DE 4/0	20	MTS	80	0.25	1	1	0.125	2	\$41
3	PREPARACION DE PUENTES	1	PZA	8	0.13	1	1	0.0625	1	\$20
4	INSTALACION DE PUENTES	1	PZA	8	0.13	1	1	0.0625	1	\$20.00
5	CLOCACION DE ELECTRODOS	1	PZA	4	0.25	1	1	0.0625	2	\$41
6	CONEXIÓN DE ELECTRODOS	1	PZA	8	0.13	1	1	0.0625	1	\$20
7										
8										
9										
10										

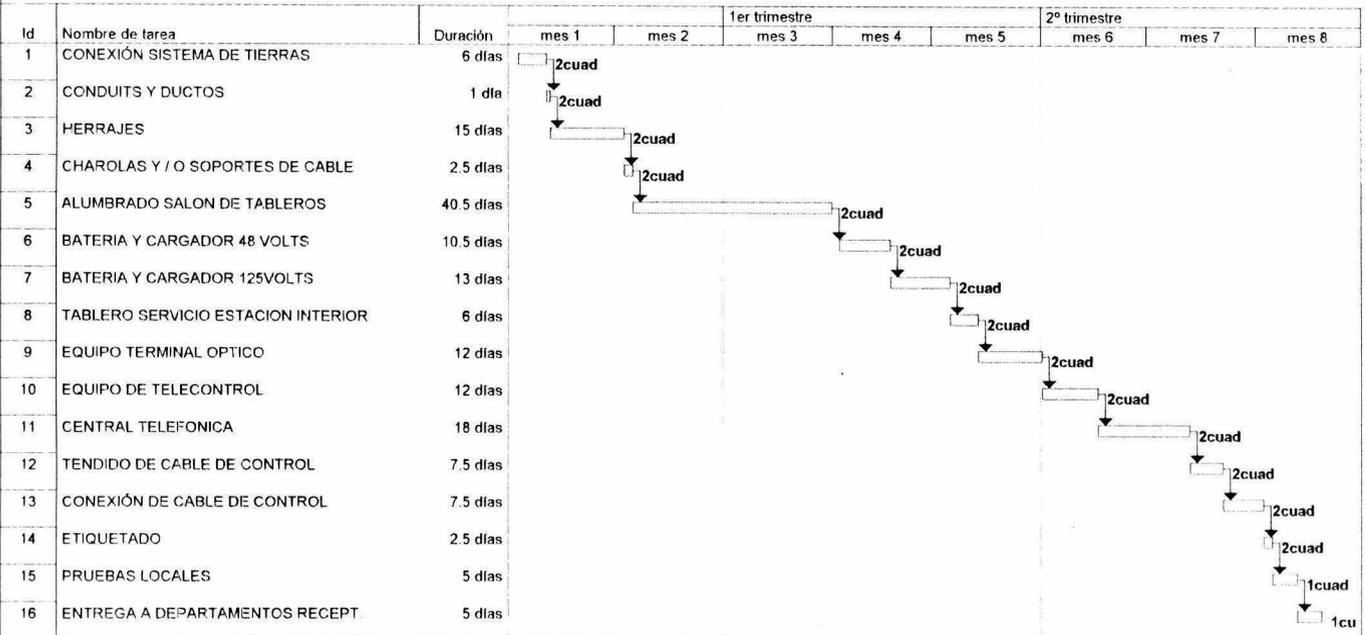
TOTAL	9	\$183
--------------	----------	--------------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

MONTAJE DE UN TABLERO O GABINETE AUXILIAR

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	PREPARACION DE BASE	1	PZA	0.5	2	1	1	1	16	\$324
2	COLOCAR NIVELAR ANCLAR	1	PZA	0.25	4	1	1	2	32	\$648
3	REVISION DE ALAMBRADO	1	PZA	0.17	6	1	1	3	48	\$972
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
TOTAL									96	\$1,944

3.4.19.- SALON DE TABLEROS



Proyecto: SALON DE TABS	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

SALON DE TABLEROS

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	CONEXIÓN AL SISTEMA DE TIERRAS	24	PZA	1	24	2	2	6	192	\$3.888
2	CONDUITS Y DUCTOS	20	MTS	5	4	2	2	1	32	\$648
3	HERRAJES	1	LOTE	0.02	60	2	2	15	480	\$9.720
4	CHAROLAS Y/O SOPORTES DE CABLE	1	LOTE	0.1	10	2	2	2.5	80	\$1.620.00
5	ALUMBRADO SALON DE TABLEROS	1	LOTE	0.1	162	2	2	40.5	1296	\$26.244
6	BATERIA Y CARGADOR 48 VCD	1	LOTE	0.02	42	2	2	10.5	336	\$6.804
7	BATERIA Y CARGADOR 125 VCD	1	LOTE	0.02	52	2	2	13	416	\$8.424
8	TABLERO DE SERV EST INTERIOR	1	PZA	0.04	24	2	2	6	192	\$3.888
9	EQUIPO TERMINAL OPTICO	1	PZA	0.08	48	2	2	12	384	\$7.776
10	EQUIPO DE TELECONTROL	1	LOTE	0.02	48	2	2	12	384	\$7.776
11	CENTRAL TELEFONICA	1	PZA	0.01	72	2	2	18	576	\$11.664
12	TENDIDO DE CABLE DE CONTROL	1000	MTS	33.33	30	2	2	7.5	240	\$4.860
13	CONEXIÓN DE CABLE DE CTL	300	PZA	10	30	2	2	7.5	240	\$4.860
14	ETIQUETADO	100	PZA	10	10	2	2	2.5	80	\$1.620
15	PRUEBAS LOCALES	1	PBA	0.1	10	1	1	5	80	\$1.620
16	ENTREGA A RECEPTORES	1	PZA	0.1	10	1	1	5	80	\$1.620
TOTAL									5088	\$103.032

3.4.20 - INSTALACION DE CHAROLAS Y/O SOPORTES PARA CABLE DE CONTROL

Id	Nombre de tarea	Duración	semana 1					semana 2					semana 3					semana 4					semana 5										
			L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
1	EQUIPO TERMINAL DE LINEA	10 días																															
2	TRANSFORMADOR	5 días																															
3	SALON DE TABLEROS	5 días																															
4	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	2 días																															
5	ALIMENTADORES DE 23KV	10 días																															
6	SERVICIO DE ESTACION	2 días																															
7	BANCO T421	10 días																															
8	CASETA CPM	3 días																															

Proyecto INST CHARSPORT	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE CHAROLAS Y/O SOPORTES DE CABLE DE CONTROL

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	EQUIPO TERMINAL DE LINEA	1	CTO	0.05	20	1	1	10	160	\$3,240
2	TRANSFORMADOR	1	PZA	0.1	10	1	1	5	80	\$1,620
3	SALON DE TABLEROS	1	PZA	0.1	10	1	1	5	80	\$1,620
4	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	3	PZA	0.75	4	1	1	2	32	\$648.00
5	ALIMENTADORES DE 23KV	1	LOTE	0.05	20	1	1	10	160	\$3,240
6	SERVICIO DE ESTACION	1	LOTE	0.25	4	1	1	2	32	\$648
7	BANCO 421	1	BCO	0.05	20	1	1	10	160	\$3,240
8	CASETA CPM	1	CTA	0.17	6	1	1	3	48	\$972
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
TOTAL									752	\$15,228

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

TENDIDO DE 200 METROS DE CABLE DE CONTROL Y TELEFONICO

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	INSTALACION DE GUIAS	200	MTS	133.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243
2	RATONEADO DE DUCTOS	200	MTS	133.33	1.5	3	3	0.25	12	\$243
3	TENDIDO DE CABLE	200	MTS	266.66	3	3	3	0.5	24	\$486
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

TOTAL	48	\$972
-------	----	-------

3.4.23.- INSTALACION DE HERRAJES DE 400KV

Id	Nombre de tarea	Duración	semana 1				semana 2				semana 3				semana 4		
			S	L	M	V	D	M	J	S	L	M	V	D	M	J	
1	EQUIPO TERMINAL DE LINEA	10 días															
2	TRANSFORMADOR	5 días															
3	SALON DE TABLEROS	15 días															
4	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL	2 días															
5	ALIMENTADORES DE 23KV	10 días															
6	SERVICIO DE ESTACION	2 días															
7	BANCO 421	10 días															

Proyecto INST HERRAJES	Tarea		Resumen		Progreso resumido	
	División		Tarea resumida		Tareas externas	
	Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
	Hito		Hito resumido			

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS POR LABOR DIRECTA

INSTALACION DE HERRAJES DE 400KV

No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (U/J)	JORN	M	A	DURACION	H-H	COSTOS
1	EQUIPO TERMINAL DE LINEA	1	CTO	0.03	40	2	2	10	320	\$6.480
2	TRANSFORMADOR	1	PZA	0.1	10	1	1	5	80	\$1.620
3	SALON DE TABLEROS	1	PZA	0.02	60	2	2	12	480	\$9.720
4	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	3	PZAS	0.75	4	1	1	2	32	\$648.00
5	ALIMENTADORES DE 23KV	1	LOTE	0.03	40	2	2	10	320	\$6.480
6	SERVICIO DE ESTACION	1	PZA	0.25	4	1	1	2	32	\$648
7	BANCO T421	1	PZA	0.03	40	2	2	10	320	\$6.480
8										
9										
10										

TOTAL	1584	\$32.076
--------------	-------------	-----------------

PROGRAMA DE MONTAJE DE EQUIPO DE POTENCIA PARA 400KV EN ARREGLO INTERRUPTOR Y MEDIO.

Id	Nombre de tarea	Duración	PERSONAL	VOLUMEN	1		mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes	
					17	24	01	08	15	22	29	05	12	19	26	02	09	16	23	02	09	16	23	30
1	MONTAJE DE EQUIPO INT. Y MEDIO	105 días	46	1 LOTE																				
2	SALON DE TABLEROS	64 días	10	1 pza																				
3	MALLA DE TIERRAS	15 días	6	2000 m																				
4	ALUMBRADO EXTERIOR	25 días	6	18 pza																				
5	CASETA DE VIGILANCIA	15 días	3	1 pza																				
6	MONTAJE TABLERO SERVICIO EST EXTERIOR	45 días	4	1pza																				
7	MONTAJE TRANSF. POTENCIAL CAPACITIVO	3 días	4	1pza																				
8	MONTAJE DE TRANSF. DE POTENCIAL	6 días	6	3 pza																				
9	MONTAJE DE INTERRUPTOR DE POTENCIA	41 días	12	3 pza																				
10	INSTALACION DE APARTARRAYOS	9 días	3	3 pza																				
11	MONTAJE DE TRANSF. DE CORRIENTE	18 días	6	18 pza																				
12	ALUMBRADO CASETA CPM	21 días	6	2 pza																				
13	MONTAJE DE CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA	25 días	5	1 jgo																				
14	MONTAJE DE TABLEROS CPM	21 días	4	7 pza																				
15	TENDIDO DE CABLE DE CONTROL Y TELEFONICO	35 días	8	7078 m																				
16	MONTAJE DE CUCHILLAS DESCONECTORAS	75 días	10	6 jgo																				
17	MONTAJE DE AISLADORES	24 días	6	24 pza																				
18	INSTALACION DE HERRAJES	20 días	4	2 lote																				
19	INSTALACION DE BUS DE TUBO	48 días	6	720 m																				
20	INSTALACION DE GAB. AUX. DE INT. Y TP'S	6 días	6	5 pza																				

Proyecto: INSTEQINTYMEDIO

Tarea		Resumen		Progreso resumido	
División		Tarea resumida		Tareas externas	
Progreso		División resumida		Resumen del proyecto	
Hito		Hito resumido			

3.6.1- TABLA DE AVANCES PROGRAMADOS POR ACTIVIDAD PORMES

ACTIVIDAD	DIAS	PER	VOLUMEN	JOR	HRS-HOM	AVANCE %	COSTOS	MES1		MES2		MES3		MES4		MES5		MES6		TOTAL		
								DIAS	PESO%	DIAS	PESO%	DIAS	PESO%	DIAS	PESO%	DIAS	PESO%	DIAS	PESO%	DIAS	PESO%	DIAS
1 SALON DE TABLEROS	64	10	1 PZA	640	5120	15.8	103660	10	15.6	20	31.3	22	34.4	12	18.8					64	100	
2 MALLA DE TIERRAS	15	6	2060M	90	720	2.2	14580	10	66.7	5	33.3									15	100	
3 ALUMBRADO CASETA DE VIGILANCIA	15	3	1 PZA	45	360	1.1	7290	10	66.7	5	33.3									15	100	
4 ALUMBRADO EXTERIOR	25	6	18 PZA	150	1200	3.7	24300			15	60	10	40.0							25	100	
5 MONTAJE SERVICIO DE EST EXTER	45	4	1 PZA	180	1440	4.5	29160			15	33.3	22	48.9	8	17.8					45	100	
6 MONTAJE TRANSF. POTL. CAPACITIVO	3	4	1 PZA	12	96	0.3	1944						3	100.0						3	100	
7 MONTAJE DE TRANSF. DE POTENCIAL	8	6	3 PZA	36	288	0.9	5832					6	100.0							6	100	
8 MONTAJE DE INTERRUPTOR DE POT	41	12	3 PZA	492	3936	12.2	79704						11	26.8	21	51.2	9	22.0		41	100	
9 INSTALACION DE APARTARRAYOS	9	3	3 PZA	27	216	0.7	4374			9	100									9	100	
10 MONTAJE DE TRANSF. DE CORRIENTE	18	6	18 PZA	108	864	2.7	17496					9	50.0	9	50.0					18	100	
11 ALUMBRADO CASETA CPM	21	6	2 PZA	126	1008	3.1	20412	10	47.6	11	52.4									21	100	
12 MONTAJE DE CUCHILLAS DE TIERRA	25	5	1 JGO	125	1000	3.1	20250						10	40.0	15	60.0				25	100	
13 MONTAJE DE TABLEROS CPM	21	4	7 PZA	84	672	2.1	13608			11	52.4	10	47.6							21	100	
14 TENDIDO DE CABLE DE CTL. Y TELEF.	35	8	7078M	280	2240	6.9	45360			12	34.3	22	62.9	1	2.9					35	100	
15 MONTAJE DE CUCHILLAS DESCONNECT	75	10	6 JGO	750	6000	18.5	121500	10	13.3	20	26.7	21	28.0	20	26.7	4	5.3			75	100	
16 MONTAJE DE AISLADORES	24	6	24 PZA	144	1152	3.6	23328						11	45.8	13	54.2				24	100	
17 INSTALACION DE HERRAJES	20	4	2 LOTE	80	640	2.0	12960	10	50.0	10	50									20	100	
18 INSTALACION DE TUBO	48	6	720 M	288	2304	7.1	46656					3	6.3	20	41.7	21	43.8	4	8.3	48	100	
19 INST. DE GABS. AUX. Y TP S	6	6	6PZA	36	288	0.9	5832					6	100.0							6	100	
20 INSTALACION DE HILO DE GUARDA	3	6	530M	18	144	0.4	2916	3	100.0											3	100	
21 MONTAJE DE TRAMPA DE ONDA	3	4	1 PZA	12	96	0.3	1944			3	100									3	100	
22 INSTALACION DE CANALIZACIONES	18	6	530 M	108	864	2.7	17496	10	55.6	8	44.4									18	100	
23 INSTALACION BUS DE CABLE	74	6	1482M	444	3552	11.0	71928	7	9.5	20	27.0	22	29.7	20	27.0	5	6.8			74	100	
24 CONEXIÓN DE CABLE CTL. Y TELEF.	25	6	2470 PZA	150	1200	3.7	24300					2	8.0	20	80.0	3	12.0			25	100	
25 CONEX. EQUIPO Y ESTRUCTURA TIERRA	19	4	113 PZA	76	608	1.9	12312					14	73.7	5	26.3					19	100	
26 ETIQUETADO Y ROTULADO	19	4	1 LOTE	76	608	1.9	12312			4	21.1	15	78.9							19	100	
27 PRUEBAS LOCALES	10	4	2 LOTE	40	320	1.0	6480									10	100.0			10	100	
28 ENTREGA A DEPTOS RECEPTORES	17	6	1 LOTE	102	816	2.5	16524									8	47.1	9	52.9	17	100	
TOTALES				4719	37752	116.7	764478															

En la tabla anterior se observa lo siguiente: los avances programados por mes por actividad, los volúmenes de equipo a manejar, los costos por labor directa vigentes en la Compañía de Luz y Fuerza en el año 2000

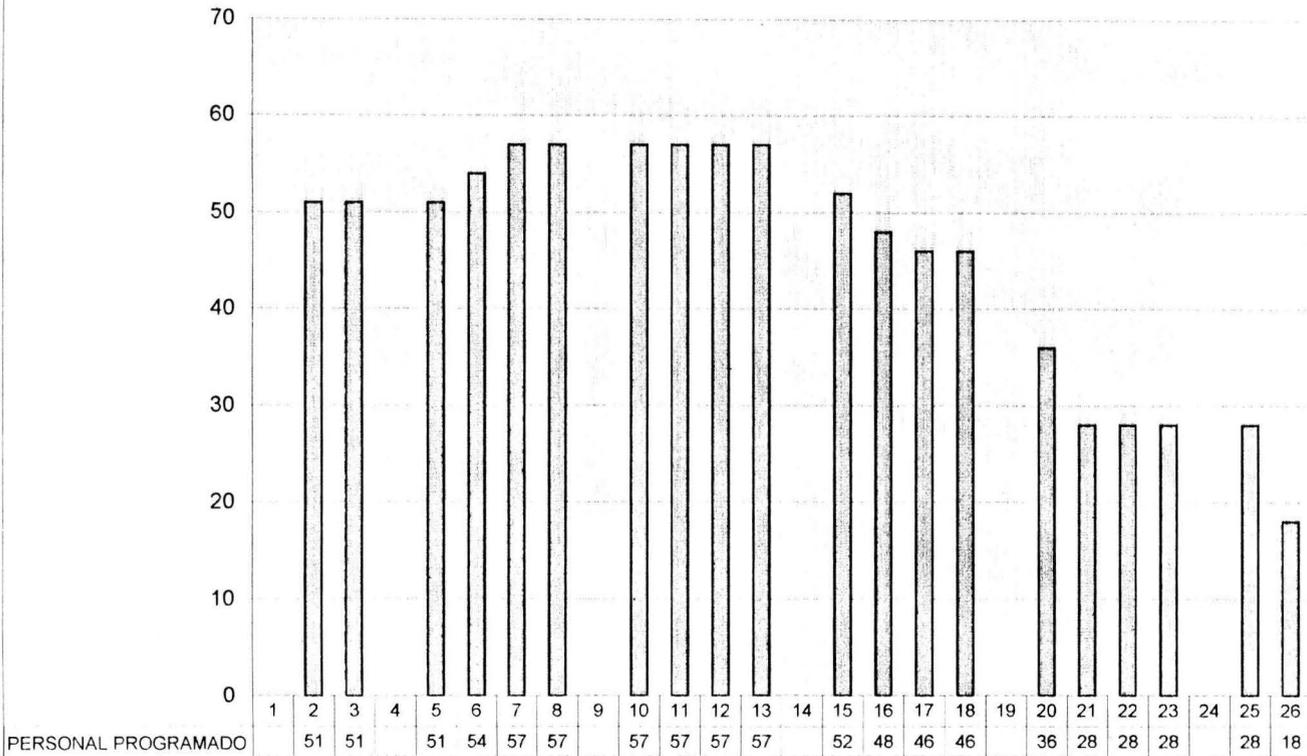
3.6.2- COSTO DEL EQUIPO A INSTALAR

Nº	CONCEPTO	CANT.	UNIDAD	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
1	APARTARRAYOS 400KV ESTACION	3	PZA	\$ 46.000.0	\$ 138.000.0
2	CUCHILLA PUESTA ATIERRA 400KV 3 FASES	1	JGO.	\$ 120.000.0	\$ 120.000.0
3	BATERIA TIPO ACIDO 125V 432 A-H	1	BCO	\$ 132.000.0	\$ 132.000.0
4	CUCHILLA DESCONECTADORA 3FASES	6	JGO	\$ 330.000.0	\$ 1.980.000.0
5	AUTOTRANS. DE POTENCIA MONOFASICO	3	PZA	\$ 16.500.000.0	\$ 49.500.000.0
6	BATERIA TIPO ACIDO 48VCD 50 A-H	1	BCO	\$ 12.800.0	\$ 12.800.0
7	INTERRUPTOR DE POTENCIA 3FASES 31.5KA 2KA	3	PZA	\$ 1.616.000.0	\$ 4.848.000.0
8	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 3SECS	18	PZA	\$ 173.000.0	\$ 3.114.000.0
9	TRANSF DE POTENCIAL CAPACITIVO	1	PZA	\$ 80.000.0	\$ 80.000.0
10	TRAMPA DE ONDA	1	PZA	\$ 29.440.0	\$ 29.440.0
11	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	3	PZA	\$ 246.400.0	\$ 739.200.0
12	TAB CPM P/ LINEA CON PROT DISTANCIA	1	PZA	\$ 239.000.0	\$ 239.000.0
13	TAB CPM P/ LINEA CON PROT 87 FO	1	PZA	\$ 144.000.0	\$ 144.000.0
14	TAB CPM P/ BCO DE POT	1	PZA	\$ 90.000.0	\$ 90.000.0
15	EQUIPO DE ALUMBRADO	1	LOTE	\$ 12.000.0	\$ 12.000.0
16	HERRAJES Y CONECTORES	1	LOTE	\$ 60.000.0	\$ 60.000.0
17	MATERIAL PARA SISTEMA DE TIERRAS	1	LOTE	\$ 12.000.0	\$ 12.000.0
18	CABLE DE CONTROL TELEF Y FUERZA	1	LOTE	\$ 65.000.0	\$ 65.000.0
19	EQUIPO DE BLU	1	PZA	\$ 248.000.0	\$ 248.000.0
20	EQUIPO DE TONOS F6	1	PZA	\$ 93.920.0	\$ 93.920.0
21	EQUIPO TERMINAL OPTICO C/ INTERFASES	1	PZA	\$ 371.360.0	\$ 371.360.0
22	TAB PROT DIF BARRAS	1	PZA	\$ 250.000.0	\$ 250.000.0
21	TAB TRANSF POTENCIALES	1	PZA	\$ 10.000.0	\$ 10.000.0
22	TAB SERV DE ESTACION	1	PZA	\$ 312.000.0	\$ 312.000.0
23	TAB TRANSF SERV EST INT C.A Y C.D	1	PZA	\$ 80.000.0	\$ 80.000.0
24	UNIDAD DE SINTONIA	1	PZA	\$ 12.416.0	\$ 12.416.0
25	UNIDAD TERMINAL REMOTA	1	PZA	\$ 742.000.0	\$ 742.000.0
26	COMPRA DE TERRENO	75000	M2	\$ 3.600.000.0	\$ 3.600.000.0
27	CARGADOR DE BATERIAS 120 VCD 100A	1	PZA	\$ 24.000.0	\$ 24.000.0
28	CARGADOR DE BATERIAS 48 VCD 20A	1	PZA	\$ 12.400.0	\$ 12.400.0
				TOTAL	\$ 67.071.536.0

Los costos del equipo que en esta tabla se muestran son del año de 1999

3.6.3 -

GRAFICO DE PERSONAL PROGRAMADO



PERSONAL POR SEMANA

3.6.4 - PERSONAL REQUERIDO

SUPERVISION DIRECTA:	TIEMPO EN SEMANAS																			
----------------------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CATEGORIA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª
INGENIERO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOBRESTATANTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

PERSONAL OPERATIVO

MECANICO OFICIAL MONTADOR	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	3	3	2
MECANICO ELECTRICO A	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	4
MECANICO ELECTRICO B	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	10	10	10	10	8
AYTE. DE MECANICO ELECTRICO	23	23	23	26	29	29	29	29	29	29	29	24	20	18	18	12	11	11	11	4
TOTAL	51	51	51	54	57	57	57	57	57	57	52	48	46	46	36	28	28	28	28	18

PERSONAL DE APOYO

ADMINISTRATIVOS

OFICINISTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MENSAJERO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

TANSPORTE Y MANIOBRA

OPERADOR DE EQUIPO PESADO	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
OPERADOR DE EQUIPO LIGERO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
CHOFER	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1

VIGILANCIA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

SOLDADOR ARCO ELECTRICO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
SOLDADOR DE ALUMINIO	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
AYUDANTE DE SOLDADOR	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1				
TOTAL	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2				