



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN**



**DESARROLLO Y CALCULO DE MALLA DE TIERRAS  
PARA CENTRALES TELEFONICAS**  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

**T E S I S**

**Que para obtener el título de  
INGENIERO MECANICO Y ELECTRICISTA**

**Presentan:**

**VICTOR OSCAR ALDANA GARCIA  
ISRAEL FIGUEROA PIEDRA**

**ASESOR: M. EN A. I. PEDRO GUZMAN TINAJERO**

**Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.**

**2002**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS <sup>UNAM</sup> APROBATORIOS  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES CUAUTITLÁN



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Desarrollo y Cálculo de Malla de Tierras para Centrales Telefónicas"

que presenta el pasante: Israel Figueroa Piedra.  
con número de cuenta: 3025322-3 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Junio del 2002

PRESIDENTE	<u>Ing. Yolanda Benítez Trejo.</u>	
VOCAL	<u>Ing. Guillermo Santos Olmos.</u>	
SECRETARIO	<u>MAI. Pedro Guzmán Tinajero.</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Anselmo Ancoá Torres.</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Altino Arteaga Escamilla.</u>	



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

M.  
ESTUDIOS  
CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Desarrollo y Cálculo de Malla de Tierras para Centrales Telefónicas"

que presenta el pasante: Víctor Oscar Aldana García.  
con número de cuenta: 8902172-1 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Junio del 2002

PRESIDENTE Ing. Yolanda Benítez Trejo.

VOCAL Ing. Guillermo Santos Olmos.

SECRETARIO MAI. Pedro Guzmán Tinajero.

PRIMER SUPLENTE Ing. Anselmo Ancoas Torres.

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Albino Arteaga Escamilla.

*A ti papá mi ejemplo y mi razón de ser, por infundir en mi el sentido del deber, tu fuerza, dedicación, tu perseverancia; a ti mamá por tu paciencia, por tu sacrificio, por crearme y sobre todo por quererme; y para ti José Reynoso mi querido hermano ya que sin ti no hubiese sido posible el éxito de este trabajo, a ustedes dedico con cariño esta gran experiencia.*

*Victor Oscar Aldana Garcia*

*En agradecimiento a mis padres, que siempre me brindaron su apoyo incondicional en todas las circunstancias, a mis hermanos y hermanas, en especial a José Antonio y su dedicación a mi persona en la niñez y adolescencia, logrando, con su ejemplo y cariño, infundir un constante deseo de superación, a mi esposa que con su amor ha sabido ayudarme a permanecer siempre firme para lograr todas las metas que me he propuesto.*

*Israel Figueroa Piedra.*

*Agradecimientos especiales a M. en A.I. Pedro Guzmán Tinajero por su participación y apoyo incondicional en esta tesis.*

**ÍNDICE**

<i>Introducción</i> .....	3
Importancia de las telecomunicaciones en México .....	3
Evolución de los sistemas de telecomunicación .....	4
<i>1.0 Evolución de la red de telecomunicaciones</i> .....	10
1.1 Red telefónica conmutada pública. (PSTN) .....	10
1.2 Red digital de servicios integrados.(ISDN) .....	10
1.3 Red móvil pública. (PLMN) .....	10
<i>2.0 Generalidades</i> .....	14
2.1 Funciones principales de un sistema de tierras .....	14
2.2 Elementos principales del sistema de tierras .....	15
2.3 Disposición básica de redes de tierras .....	15
<i>3.0 Puesta a tierra de Equipo asociado a la central telefónica</i> .....	18
<i>4.0 Descripción de la instalación</i> .....	21
4.1. Líneas De Transmisión (Guía de Onda y/o Cable Coaxial) .....	51
4.2 Planta externa .....	59
4.3 Corriente Directa .....	63
<i>5.0 Ingeniería Básica</i> .....	66
5.1 El suelo como un conductor de la electricidad .....	66
5.2 Resistividad del suelo .....	66
5.3 Medición de la resistividad .....	72
5.3.1 Método de wenner .....	72
5.3.2 Método de lee .....	73
5.3.3 Método del electrodo central .....	73
5.4 Resistencia a tierra .....	74
5.4.1 Medición de resistencia a tierra .....	74
5.5 Definiciones .....	76
5.5.1 Resistencia eléctrica del cuerpo humano .....	76
5.5.2 Elevación del potencial de tierra (gpr) .....	76
5.5.3 Tensión de malla (vm) .....	76
5.5.4 Tensión de paso.(vp) .....	76
5.5.5 Tensión de contacto (vc) .....	76
5.6 Diseño del sistema de tierra .....	76
5.6.1 General .....	76
5.6.2 Disposición física .....	77
5.6.3 Resistencia a tierra del sistema .....	78
5.6.4 Criterios de diseño .....	78
5.6.5 Procedimiento de diseño .....	79
5.6.6 Formulas y tablas para cálculos y estimaciones del sistema propuesto .....	80
<i>6.0 Calculo de Malla para Centrales Telefónicas</i> .....	90
<i>Conclusiones</i> .....	95
<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	97
<i>GLOSARIO</i> .....	98

**NOTA PRELIMINAR.**

Un buen método  
es aquel que reprime  
el espíritu sin ahogarlo.

CLAUDE BERNARD.

**Objetivos.** Desarrollar una malla de tierras efectiva para protección del personal y equipos contra corrientes de falla en centrales telefónicas. Mostrar el panorama actual sobre las comunicaciones en México y elementos que intervienen para la realización de las mismas.

**Hipótesis.** Si se desarrollan los requisitos de una malla de tierras efectiva y existe unión metálica (puesta a tierra) directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre parte de una instalación y un electrodo o placa metálica, de dimensiones, geometría y situación tales que, en todo momento, determine con seguridad una igualdad de potencial respecto a tierra; entonces se pronostica en cada uno de los equipos la reducción de su impedancia, protección contra altas tensiones transitorias, contra descargas electrostáticas y disminuir el ruido en los sistemas electrónicos según las normas de aplicación, ya que los equipos digitales presentan requerimientos específicos de puesta a tierra.

Actualmente las centrales de Teléfonos de México cuentan con una malla de tierras, de la cual toman todos sus conductores de puesta a tierra, lo que aseguraba un buen funcionamiento del equipo telefónico analógico.

Debido al cambio de tecnología analógica por digital, se da la necesidad de modificar las técnicas de conexión a tierra.

## **Introducción**

### **Importancia de las telecomunicaciones en México**

"El compromiso de las empresas dedicadas a esta labor es proporcionar soluciones en telecomunicaciones que se ajusten a las condiciones socioeconómicas y culturales de sus clientes lo que les permite aspirar a una vida más productiva, acercándolos entre sí y con el mundo.

A partir de su privatización en 1990, TELMEX ha invertido a Diciembre de 1999 cerca de 18 mil millones de dólares en su modernización y crecimiento; actualmente es una empresa de vanguardia, con una de las infraestructuras tecnológicas más amplias y avanzadas a nivel

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

mundial, con capacidad para transmitir señales de voz, datos e imágenes, con alta calidad y confiabilidad, y certificada con estándares internacionales de calidad y eficiencia.

Además se continúan desarrollando esquemas que de manera inteligente y paulatina permitan ofrecer servicios y productos que mediante la aplicación de nueva tecnología, consigan dar a todos los mexicanos facilidades de acceso a los servicios de telecomunicación, desde los servicios de telefonía rural en las poblaciones más alejadas de los centros urbanos, hasta las corporaciones multinacionales con grandes necesidades de comunicación a nivel global, para de esta forma desarrollar esta industria en función de las necesidades reales del país.

Así bien, TELMEX ha iniciado su estrategia de largo plazo hacia el futuro para su inserción en los mercados internacionales de telecomunicaciones. Un objetivo primordial es participar en el mercado de los Estados Unidos, enfocando su atención a la población hispana. Asimismo, la Empresa ha iniciado actividades en Centro, Sudamérica y el Caribe, como parte de su natural expansión para tener una presencia importante en la región, lo cual es inherente a los procesos de globalización en el ámbito mundial.

TELMEX como la principal empresa de telecomunicaciones en el país está convencida que una de las mejores posibilidades para desarrollar dicha industria es dedicar recursos y talento a la investigación y desarrollo de la cultura digital, por lo cual ha implementado estrategias y alianzas que buscan masificar el acceso a Internet. Por esta razón, también ha realizado alianzas estratégicas con las compañías líderes de Internet para desarrollar la red de redes en nuestro país y en toda Latinoamérica. Se busca promover la ampliación en el uso de Internet como una evolución natural de la expansión del uso de las telecomunicaciones en el país.

La visión hacia el nuevo milenio está sustentada en mantener un sólido desarrollo tecnológico mediante inversiones que permitan ofrecer más y mejores servicios, elevar la productividad y expandir los mercados.

De esta forma, se sigue trabajando para continuar construyendo una infraestructura que garantice su disponibilidad, accesibilidad, diversidad, eficiencia y costo competitivo que permita construir un camino para que los mexicanos y organizaciones transitemos con ventajas contundentes hacia el desafiante entorno del siglo XXI".<sup>1</sup>

### **Evolución de los sistemas de telecomunicación**

Ha pasado ya una década desde que TELMEX comenzó un proceso de transformación. A partir de su privatización, los retos eran muchos y muy complejos. El trabajo, las ideas y el compromiso con México tenían también que ser grandes para transformar a esta empresa con instalaciones obsoletas e insuficientes, en una organización privada competitiva, con una nueva cultura orientada al cliente y abierta a la competencia en todos sus servicios. Son diez años en que la historia de TELMEX y la de nuestro país han quedado íntimamente

---

*Fragmento Ing. Pardo Chico Jaime. Director Telmex. "Introducción" [www.telmex.com](http://www.telmex.com), (pp 1.2,3)<sup>1</sup>*

ligadas como consecuencia de dicho compromiso, pues los esfuerzos de la empresa se han enfocado a contribuir con el desarrollo de México. TELMEX inició este pacto con la sociedad en 1991 planteando un Programa Trienal de crecimiento renovación tecnológica y de calidad del servicio telefónico.

En 1991 se reorganizó la operación de la empresa y sus filiales, para ofrecer mejores servicios a los usuarios. La inversión comenzó a materializarse en centrales, planta exterior, larga distancia, fuerza, repetidoras, aparatos y materiales para instalaciones terminales, mobiliario y equipo dedicado al servicio.

Para 1992 la planta telefónica digitalizada alcanzó un 52%, un notable avance comparado con un 31% correspondiente a dos años antes. No sólo se invirtió en programas de digitalización de posiciones de operadores, sino también crecieron las líneas en servicio, la telefonía rural, la telefonía pública y la red de fibra óptica.

Los objetivos del programa trienal fueron cumplidos con creces en 1993. Las líneas telefónicas crecieron más de 45% en los tres años para terminar con poco más de 7.6 millones. Esto representaba una densidad telefónica de 8.71 habitantes por línea. También se duplicó la cantidad de aparatos públicos instalados finalizando con casi 178 mil teléfonos. El número de usuarios de telefonía celular llegó a casi 200 mil, una cifra cinco veces mayor a la registrada en 1990.

Con 1,420 posiciones digitales de operadores en 39 centros de tráfico, la digitalización rebasó el 65% del sistema total y casi 9,000 kilómetros de la red de fibra óptica para larga distancia fueron construidos. De esta forma TELMEX estaba dotando a México con una de las mejores redes del mundo y con una infraestructura de comunicación internacional para más de 25 años.

Los esfuerzos en materia de modernización y mejoría del servicio continuaron durante 1994, así como en la consecución de una nueva cultura de valores orientada a los clientes, la calidad, la productividad y el crecimiento. Es así como en cuatro años de intenso trabajo y de enormes inversiones, fueron superadas las exigentes y ambiciosas metas establecidas en el Título de Concesión otorgado en 1990. Para ese año, el número de líneas en servicio llegó a ocho millones 492,000; más de 217,000 teléfonos públicos y la cobertura llegó a 20 mil 447 poblaciones. Se extendió la cobertura del cable de fibra óptica a 16.7 mil kilómetros y la digitalización llegó a niveles similares a los de Singapur o Corea del Sur. Se concluyó la construcción del Sistema de Cable Submarino de Fibra Óptica Columbus II, además de participar en otros catorce cables submarinos a nivel mundial.

En cuestión de calidad de servicio, se redujo 83% el número de solicitudes pendientes de líneas. Por otro lado, los índices de continuidad del servicio y de calidad mejoraron hasta registrar 92% y 97%, respectivamente.

Durante 1995 las actividades de Teléfonos de México estuvieron orientadas a consolidar el crecimiento alcanzado por la empresa, a impulsar el desarrollo de la plataforma tecnológica a fin de asegurar la calidad de los servicios y explorar nuevos mercados. Todo esto con el

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

objeto fundamental de anticiparse a las necesidades de los clientes y posicionarse como la empresa líder en el mercado mexicano de las telecomunicaciones

Se introdujeron los servicios telefónicos digitales de valor agregado "Llamada en Espera", "Tres a la Vez" y "Sígueme". Se formalizó la participación minoritaria en Cablevisión S.A. de C.V., así como la adquisición del 50% del capital de Red Uno, S.A. de C.V. dedicada a la comercialización, desarrollo y soporte tecnológico para plataformas de redes privadas. La introducción de Uninet, la Red Universal de Teléfonos de México, en 1996, implicó la entrada definitiva de Telmex al mundo de la Internet.

También fue en este año cuando la misión social de la empresa se constituyó en todo un esfuerzo organizado, al crearse la Fundación TELMEX A.C.

También durante 1996 se realizó el trabajo necesario para hacer posible la interconexión de los nuevos operadores de larga distancia, misma que se efectuaría a partir del 1º de enero de 1997. Este esfuerzo requirió cuantiosas inversiones y del tiempo completo de un gran número de empleados técnicos y administrativos.

Debido a la crisis económica, el ritmo de crecimiento de las líneas telefónicas se redujo; sin embargo, las inversiones que TELMEX había hecho colocaban a México con una de las redes de telecomunicaciones de larga distancia más modernas a nivel mundial, con más de 30,000 kilómetros de fibra óptica totalmente digitalizada. Adicionalmente, la introducción de sistemas para incorporar nuevos clientes innovando el pago del servicio celular (Sistema Amigo y Amigo Kit), probaron ser fundamentales en la estrategia de crecimiento de Telcel.

Con una inversión de más de trece mil millones de dólares en la modernización, expansión y diversificación de la planta telefónica, TELMEX estaba listo para afrontar los retos de la competencia en la industria. No sólo se recuperó el ritmo de crecimiento, sino también la empresa fue la única que estuvo lista para proporcionar en tiempo y forma la apertura fijada para 1997.

Al mismo tiempo se inició un programa para conservar, retener y recuperar a nuestros clientes. Esto permitió que 75% de nuestros clientes en las sesenta ciudades abiertas a la competencia decidieran continuar con nosotros.

La infraestructura celular comenzó a ser sustituida para convertirla en tecnología digital. TELMEX adquirió el 70% de las acciones de Kb/TEL, empresa desarrolladora de sistemas de comunicación inalámbrica, así como el 50% restante de las acciones de Red Uno. La estrategia a largo plazo de inserción en los mercados internacionales de las telecomunicaciones se cristalizó en 1998, cuando se adquiere el 18.9% de las acciones de Prodigy Communications Corporation y se firma un contrato de asociación con Luca, S.A. de Guatemala. Este contrato permitía a TELMEX disponer de una opción para adquirir el 49% de Telgua en cinco años.

Se obtuvo además, la concesión de frecuencias para la prestación de diversos servicios inalámbricos en todo el país.

## INTRODUCCIÓN.

1999 fue el año en que se expandió su presencia en América y también consolidó su estrategia de Internet, mediante el lanzamiento del programa Prodigy Internet Plus. Al cierre de este año la empresa tenía 402,754 cuentas de acceso a Internet. En febrero adquirió Comm South Companies y el 55.5% de Topp Telecom, Inc. en Estados Unidos, así como empresas de servicios celulares y acceso a Internet en Puerto Rico, Brasil, Ecuador y Guatemala.

El número de líneas instaladas rebasó los 10.8 millones y los usuarios de servicio celular llegaron a 5.2 millones igualmente, el número de cuentas de Internet creció hasta llegar a 403 mil usuarios, gracias en parte a la exitosa acogida de las 109 mil computadoras colocadas a través de Prodigy Internet Plus.

El año 2000 trajo nuevos retos. El primero fue superar el conflicto tecnológico que representaba el cambio de milenio, prueba que pasó ampliamente. En este mismo año concretó la instalación del enlace a tierra del cable submarino Maya 1, el cual tiene una longitud de 4,524 kilómetros y cubre Norte, Centro y Sudamérica.

Asimismo, continuó la expansión internacional de la empresa al ejercer la opción de compra que tenía de acciones emitidas por el Grupo Luca lo que le permitió entrar como inversionista en Telgua; también se concretó una alianza con Bell Canadá International para crear una nueva compañía de telecomunicaciones en Sudamérica con una capitalización inicial de 3,500 millones de dólares.

Con el Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones (Conecel) este mismo año se firmó una carta de intención para adquirir 60% de la empresa. En Argentina, se asoció con Techint a través de la empresa Techtel; mientras que como parte del Fondo para la Tecnología e Internet adquirió 40% de iLatin Holdings.

Conjuntamente con SBC, TELMEX invirtió 150 millones de dólares en instrumentos de deuda convertibles de la empresa estadounidense Network Access Solution.

Como parte de su internacionalización, TELMEX inició en 2000 operaciones en el Índice Latinoamericano de la Bolsa de Valores de Madrid (Latibex).

El desarrollo de Internet fue una de las piezas fundamentales en la estrategia de TELMEX durante el 2000, para lo cual suscribió una alianza con Microsoft para crear el portal T1msn.

Asimismo, TELMEX suscribió un convenio con el Media Laboratory del Instituto Tecnológico de Massachusetts en el cual se contempló el establecimiento del Laboratorio TELMEX para Tecnologías de la Información y Desarrollo en el MIT Media Lab.

Para concentrarse plenamente en el desarrollo de las telecomunicaciones en México, TELMEX anunció la escisión de sus negocios celulares y de la mayoría de sus inversiones internacionales, para crear la empresa América Móvil que concentra estas áreas de negocio.

### MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

Durante sus primeros 10 años como empresa privada, Telmex logró construir una infraestructura de clase mundial, introducir nuevos servicios y renovarse para satisfacer las demandas de sus clientes de acuerdo a sus nuevas prioridades y a las realidades en el mercado.

Así, al cumplirse una década de la privatización de la empresa, los logros fueron notables. Las inversiones en el periodo ascendieron a 24,259 millones de dólares, lo que permitió pasar de poco más de 5.3 millones de líneas en servicio durante 1990 a más de 12 millones en el 2000, la digitalización de las redes local y de larga distancia llegó a 100% y se tenían 68,165 kilómetros de fibra óptica.

A lo largo de los primeros 10 años, TELMEX renovado dejó de ser una empresa tradicional de telefonía, para convertirse en la principal compañía de telecomunicaciones de América Latina..

Y se sigue creciendo: al cierre del tercer trimestre de 2001 el número de líneas en servicio superó los 13 millones, con una tasa de crecimiento de 10.5%; mientras que el tráfico de llamadas locales durante el tercer trimestre del año fue de 6,617 millones de minutos, un crecimiento de 4.4 por ciento. Durante el periodo de referencia se adicionaron 84,999 cuentas de acceso a Internet, con lo que Telmex llegó a un total de 845,436 cuentas.

1.0 EVOLUCIÓN DE RED DE  
TELECOMUNICACIONES

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

### **1.0 Evolución de la red de telecomunicaciones**

En la década de los 90's el desarrollo de las telecomunicaciones ha sido muy acelerado como resultado de las nuevas alternativas y reducción en los costos.

La actualización en las leyes mercantiles ha provocado la entrada de muchos competidores tanto operadores de red como prestadores de servicios .

Los ingresos se han maximizado al proporcionar una amplia gama de servicios de red tanto en el área de voz, datos y multimedia a precios competitivos.

Factores tales como la estandarización de nuevas arquitecturas de red, de nuevos sistemas diseñados para comunicación de datos y multimedia , una creciente movilidad de los abonados etc., han llevado a una proliferación del número de aplicaciones de redes de telecomunicaciones. Un ejemplo de una aplicación es la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN, Public Switched Telephone Network). A continuación se hace una pequeña descripción de cada aplicación.

ISDN = Red digital de servicios integrados (Integrated Services Digital Network)

PLMN = Red Móvil Pública. (Public Land Mobile Network)

PSTN = Red telefónica conmutada Pública. (Public Switched Telephone Network)

### **1.1 Red telefónica conmutada pública. (PSTN)**

Aunque hay otras aplicaciones que están creciendo, la red PSTN continúa siendo la principal aplicación soportada por los operadores de red. Las tendencias en la red PSTN son hacia un creciente desarrollo de los sistemas de conmutación digital y de transmisión digital en la red.

### **1.2 Red digital de servicios integrados.(ISDN)**

La red ISDN provee una comunicación digital extremo a extremo entre los usuarios, los cuales pueden tener acceso a un amplio rango de servicios de voz y datos desde una sencilla conexión en sus hogares o locales.

### **1.3 Red móvil pública. (PLMN)**

La red PLMN, con telefonía móvil como su principal servicio, es una de las aplicaciones en telecomunicaciones que ha tenido un rápido crecimiento. Las aplicaciones públicas más comunes están basadas en células. Existe un número de estándares celulares, por ejemplo, en el área celular digital, el Sistema Global de Comunicación Móvil (Global System For

Mobile Communications), El Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (D-AMPS Digital-Advanced Mobile Phone System) y el Estándar Celular Digital Personal (PDC, Personal Digital Cellular).

### **Comunicaciones en negocios**

La provisión del servicio de comunicación privada a una empresa o negocio a través de redes, tradicionalmente ha sido proporcionado por medio de líneas rentadas o privadas. Ahora, los recursos de la red pública, especialmente la capacidad de conmutación y la inteligencia en una red, proporciona una flexibilidad mayor, en el tipo de comunicación demandada en comparación con las líneas rentadas.

### **Redes inteligentes.**

Las telecomunicaciones en los 90's están ahora más abocadas a proporcionar un servicio adicional que la simple comunicación como venía siendo antes. La Red Inteligente es una arquitectura superpuesta con inteligencia centralizada para la rápida creación y despliegue de servicios suplementarios avanzados a través de toda la red.

### **Redes de señalización**

El crecimiento del volumen del tráfico total del número de aplicaciones y de la inteligencia en la red ha requerido una creciente capacidad de procesamiento. Además las nuevas arquitecturas de red requieren una más extensiva comunicación entre los procesadores que lo que se requería con anterioridad. Así, existe la necesidad de tener una red de comunicación más rápida y confiable entre los procesadores, para el establecimiento de las llamadas, la provisión de los servicios de la red inteligente, etc.

En las telecomunicaciones modernas, esta red de señalización se basa en el Sistema Internacional de Señalización por Canal Común No. 7 (CCS7, Common Channel Signalling System Number 7)

### **Migración hacia una visión orientada a la red.**

Una tendencia en las telecomunicaciones ha sido la migración de una visión orientada a un nodo (central) hacia una visión orientada a la red, en lo que se refiere a la operación y desarrollo. En el área de servicios, por ejemplo, hay ahora un enfoque sobre como los servicios son implementados (creados y administrados), a través de la red en vez de como son implementados en cada nodo individual.

Así como se menciono anteriormente, una nueva arquitectura de red ( la arquitectura de red inteligente), basada en la separación de la conmutación de la lógica del servicio, ha sido desarrollada, permitiendo al operador de la red y al proveedor de servicios adicionar y cambiar servicios en línea (on-line) en una forma flexible y a bajo costo.

Finalmente, funciones de red importantes, como la función de concentración de tráfico en la red de acceso será ampliamente usada, como unidades de acceso remoto desplegadas conectándose a los nodos de conmutación local.

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

**IN = red inteligente (Intelligent Network)**

**LE = Central Local (Local Exchange)**

**NMC = Centro de Administración de red (Network Management Centre)**

**OMC = Centro de Operación y Mantenimiento (Operation and Maintenance Centre)**

**RSS = Paso de Abonado Remoto (Remote Subscriber Switch)**

**STP = Punto de Transferencia de Señalización (Signalling Transfer Point)**

**TE = Central de Transito (Transit Exchange)**

La tecnología en las redes de telecomunicaciones ha tenido un gran desarrollo. En la capa de transporte, la jerarquía digital Sincronía (SDH, Synchronous Digital Hierarchy), un estándar de transmisión y multiplexamiento mejorado ha surgido. Además, la conmutación controlada en forma remota, de los medios de transporte a través de conexiones de cruce digitales reemplazarán, por ejemplo al control manual de las conexiones de cruce cableadas. En las capas de conmutación y acceso, la conmutación por circuitos tradicionales será suplementada por una rápida conmutación por paquetes basados en el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM Asynchronous Transfer Mode). Otros desarrollados incluyen el creciente uso de tecnología de radio y fibra óptica en la red de acceso.

CAPITULO 2  
GENERALIDADES.

## 2.0 Generalidades

### 2.1 Funciones principales de un sistema de tierras

La conexión a tierra es un tema que se puede explicar de forma sencilla pero ofrece también la posibilidad de explicarlo en una forma muy compleja por eso para el inicio de esta explicación nos situaremos fuera del entorno electrónico y así nos adentraremos en el campo de la electricidad.

Comenzaremos por definir lo siguiente: se considera puesta a tierra a cualquier ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre una parte de una instalación y un electrodo o placa metálica, de dimensiones, geometría y situación tales que, en todo momento, determine con seguridad una igualdad de potencial respecto a tierra. Es por todo lo anterior que la confianza de un sistema conectado solidamente a tierra estriba en el acondicionamiento de la puesta a tierra donde la parte más importante es la conexión a tierra, esta conexión radica principalmente en función de la impedancia que si bien en teoría debe ser nula tecnológicamente no podrá ser alcanzado tal objetivo. La valoración tecnológica de una puesta a tierra comprende la calidad del terreno y las dimensiones de la propia toma.

Al estudiar una conexión de tierra, ciertas especificaciones generales útiles en todos los casos pueden ser tomadas en consideración. Si la puesta a tierra se efectúa enterrando electrodos, ellos deben ser buenos conductores y no deben correr el peligro de una corrosión rápida al contacto con el terreno.

Es importante tener presente que la conexión a tierra debe ser realizada de tal forma que las diferencias de potencial entre diferentes partes del conjunto no pasen de un cierto margen de seguridad.

Es cierto que las geometrías de la puesta a tierra son muy diversas y que se dan circunstancias de temperatura, humedad así como de características químicas del terreno tal es el caso del contenido de minerales etc. Que imponen la introducción de parámetros variables, para facilitar el análisis matemático de las correspondientes soluciones a una problemática generalizada, se parte del caso de una semiesfera metálica enterrada de radio  $r$ , considerando que la resistencia de tal dispositivo es evidentemente la resistencia que se opone a la corriente en los alrededores inmediatos del suelo en contacto con la semiesfera, por otra parte es bien sabido que la resistencia de un conductor de diámetro uniforme viene dada por la expresión:

$$R = (1/k)(l/\pi \phi^2/4)$$

Donde:

K coeficiente de conductividad =  $1/\Omega\text{-m}$   
L longitud en metros  
 $\phi$  diámetro en milímetros

Esta ecuación se puede aplicar a la semiesfera si se considera que la sección del conductor es la superficie del suelo a través del cual pasa la corriente que procede de la semiesfera; esta superficie aumenta a medida que la distancia al centro de la semiesfera aumenta. Para una distancia  $x$  la resistencia puede ser calculada al amparo de la expresión:

$$R = \int \frac{1}{k} \frac{dx}{2\pi x^2} = \frac{1}{k} \left( \frac{1}{2\pi r} \right)$$

Aunado a lo comentado es importante dar la siguiente información referida a los parámetros variables implicados en el cálculo y que en muchas ocasiones sirven de gran referencia para enjuiciar los resultados.

- a) *Proveer un medio seguro para proteger al personal y al equipo de los peligros de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla (descargas atmosféricas y corto circuito).*
- b) *Proporcionar un circuito de mínima impedancia para la circulación de las corrientes de falla debidas a condiciones anormales de operación.*
- c) *Evitar que durante la circulación de estas corrientes a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre los diversos equipos puestos a tierra.*
- d) *Evitar la inducción de ruido en los equipos de telecomunicaciones.*

## **2.2 Elementos principales del sistema de tierras**

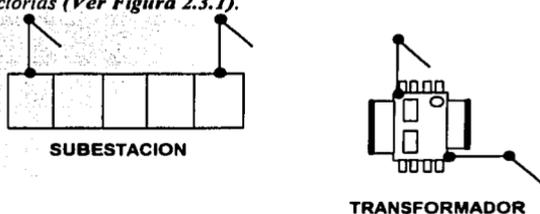
- a) *Red o malla de conductores enterrados .*
- b) *Electrodos de tierra conectados a la red de conductores y enterrados a la profundidad mínima de 0.6 m, para obtener el mínimo valor de resistencia a tierra.*
- c) *Conductores de puesta a tierra, a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de la instalación o del equipo que requiera dicha conexión.*

## **2.3 Disposición básica de redes de tierras**

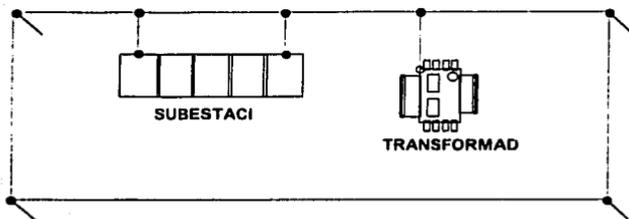
- a) **Sistema radial.**- *Consiste de uno o varios electrodos de tierra a los cuales se conecta la derivación de cada uno de los equipos. Este sistema es el menos seguro, ya que al producirse una falla en el equipo se producen elevados gradientes de potencial (Ver Figura 2.3).*
- b) **Sistema de anillo.**- *Se obtiene colocando un conductor alrededor de la superficie ocupada por los equipos. Al anillo se conectan las derivaciones de los equipos y en los vértices de este anillo, se instalan los electrodos. Este sistema es más eficiente que el*

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

*sistema radial ya que los potenciales disminuyen al dispersarse la corriente de falla por varias trayectorias (Ver Figura 2.3.1).*

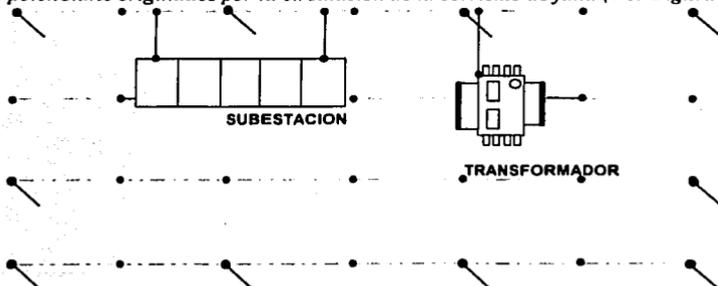


**Figura 2.3. Sistema Radial.**



**Figura 2.3.1. Sistema de Anillo.**

c) **Sistema de malla.**- Es el más usado actualmente y consiste de un arreglo de conductores perpendiculares formando una malla o retícula, a la cual se conectan cada una de las derivaciones de cada uno de los equipos. En el perímetro de la malla generalmente se colocan electrodos. Este sistema es el más eficiente, ya que se limitan los potenciales originados por la circulación de la corriente de falla (Ver Figura 2.3.2).



**Figura 2.3.2. Sistema de Malla.**

CAPITULO 3

PUESTA A TIERRA DE EQUIPO  
ASOCIADO A LA CENTRAL  
TELEFÓNICA.

### **3.0 Puesta a tierra de Equipo asociado a la central telefónica**

Los sistemas eléctricos en general llevan forzosamente un análisis en el que en primer lugar se plantean técnicas para predecir o mejorar su rendimiento esto se debe hacer desde el proyecto.

Los análisis mencionados incluyen muchos temas tal es el caso de estudios y cálculos de corto circuito, coordinación selectiva de dispositivos de protección PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS, caídas de voltaje ocasionadas por arranques de motores corrección del factor de potencia, sistemas de alimentación ininterrumpible selección adecuada de transformadores ahorro de energía eléctrica, estudio de armónicos para ofrecer una mejor calidad de la energía. Etc.

La conexión correcta de puesta a tierra en el sistema de distribución eléctrica en una planta industrial, es un factor de máxima importancia para la seguridad del personal y del equipo eléctrico, en la actualidad se han establecido ya reglas definidas para la conexión correcta a tierra de los sistemas y de los equipos y una vez que se han tomado la decisión de ejecutar las conexiones a tierra deben seguirse las reglas estrictamente, para asegurar un trabajo correcto.

Partiendo del punto de vista de la seguridad para los equipos y para su personal todo el sistema eléctrico y el equipo relacionado con el mismo tienen que estar debidamente conectado a tierra. Sin embargo, desde el punto de vista del proceso industrial en cuestión, la demanda de continuidad en el servicio de energía eléctrica para mantener el ritmo de la producción puede imponer la necesidad de que el sistema eléctrico permanezca aislado de tierra, todo lo anterior nos lleva a lo siguiente:

#### **Definiciones**

**Sin conexión a tierra.-** significa que no se ha hecho ninguna conexión intencional a tierra excepto por medio de mediciones de potencial o dispositivos de indicación.

**Conectado a tierra.-** denota una conexión directa e intencional a tierra diferente de las conexiones para mediciones de potencial o dispositivos indicadores.

Un sistema de distribución de energía eléctrica con conexión a tierra es aquel en el que por lo menos uno de los conductores o algún punto del sistema ha sido conectado intencionalmente a tierra ya sea en forma firme y directa o a través de un dispositivo limitador de corriente.

El término solidamente conectado a tierra tiene poca significación entre sí salvo que se trate de una conexión firme y directa sin la interferencia de dispositivos que limiten el flujo de la corriente como resistencias, reactores o transformadores.

### CAPÍTULO 3 PUESTA A TIERRA DE EQUIPO ASOCIADO A LA CENTRAL TELEFÓNICA.

Conexión efectiva a tierra es un termino que se introdujo para definir las conexiones de un sistema que ha sido conectado a tierra en forma adecuada y que satisface determinadas especificaciones concretas con respecto a voltajes y corrientes dentro de condiciones anormales.

Por otro lado en los últimos años se esta dando muy aceleradamente un cambio de la tecnología analógica por digital lo que obliga a la necesidad de modificar las técnicas de conexión a tierra que garanticen la igualación de los potenciales en cada uno de los equipos, a fin de reducir su impedancia y proporcionar protección contra altas tensiones transitorias, descargas electrostáticas y disminuir el ruido en los sistemas electrónico, ya que los equipos digitales presentan requerimientos específicos de puesta a tierra

Muchos de los problemas de la puesta a tierra que existía en instalaciones con equipo analógico pasaban desapercibidos ya que estos sistemas poseían una alta tolerancia para las fluctuaciones de voltaje. Con la aparición de los sistemas digitales en los 60's rápidamente se noto que el suministro de energía de C.A. y C.D. para estos sistemas tenía que ser con una tolerancia en las fluctuaciones más severa. Adicionalmente, un sistema de tierra más confiable tuvo que ser diseñado junto con el nuevo sistema para eliminar el ruido ocasionado por los circuitos de fuerza y poder prevenir daños en los circuitos.

Los problemas anteriormente planteados dieron origen a que en el aspecto de las comunicaciones los laboratorios BELL empezaron a investigar sobre el acondicionamiento de energía y métodos de puesta a tierra en centrales telefónicas. En los 60's, AT&T publico una serie de practicas ( practicas del sistema BELL ) detallando procedimientos para realizar el diseño de equipos electrónicos específicamente equipos de conmutación, estos procedimientos incluían requerimientos para el diseño de un sistema de puesta a tierra de baja impedancia.

A estos equipos les dan referencia desde una columna vertebral compuesta de un cable cal. 750 MCM que se instala por dentro de los edificios desde el piso mas alto hasta el sótano, los equipos que se mencionan que se aterrizan pueden ser de corriente alterna, corriente directa de fuerza y equipo electrónico, en un punto de este sistema también le dan referencia al positivo de la fuente de corriente directa ( planta de fuerza) con esta conexión se experimenta una circulación de corriente importante entre los equipos esta corriente parece ser de carga porque forma loops ( circuitos cerrados) entre la fuente y ellos, sin embargo utiliza para ello los cables de puesta a tierra y su propia estructura. En ello teléfonos de México se encuentra investigando.

CAPITULO 4  
DESCRIPCIÓN DE LA  
INSTALACIÓN

#### 4.0 Descripción de la instalación.

El sistema de puesta a tierra en una central telefónica está compuesto básicamente por una malla de tierras, barras de cobre y conductores, la parte medular de las centrales telefónicas esta compuesta por un cable vertical que se describe a continuación.

#### CABLE VERTICAL (CV).

Es un conductor que tiene como función principal igualar el potencial eléctrico en cada nivel y proporcionar una referencia a tierra de baja impedancia para drenar cualquier corriente de falla (Ver Figura 4).

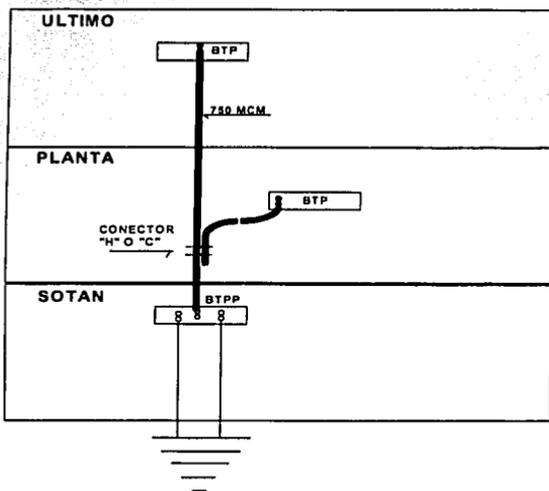
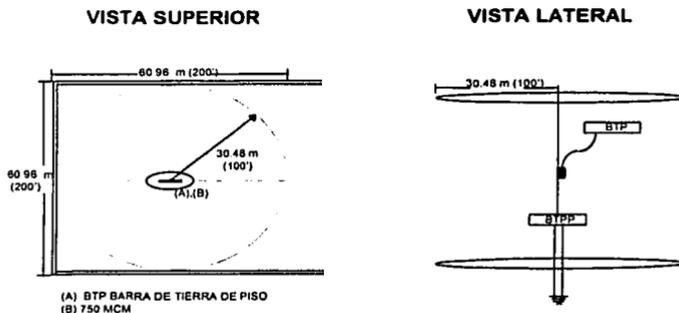


Figura 4. Conexión del Cable Vertical.

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

### **NORMAS.**

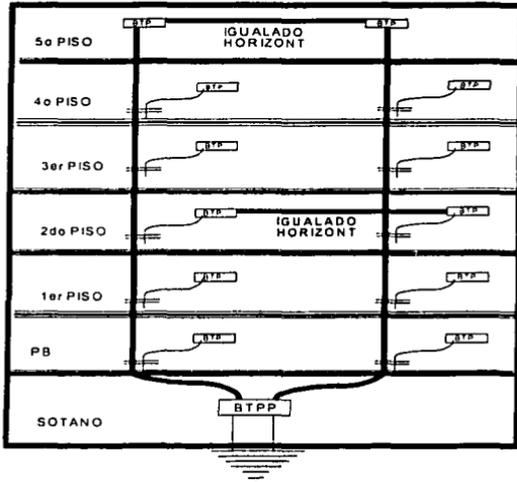
- a) El CV debe ser de una sola pieza.
- b) Se debe establecer la trayectoria más recta posible del CV.
- c) El CV se debe instalar en la posición de mayor cobertura radial de 30.5 metros (100') y por ninguna razón el equipo que se encuentre fuera de este radio debe conectarse al CV (Ver Figura 4.1).



**Figura 4.1. Área de Cobertura del Cable Vertical.**

- d) En los casos de instalaciones en las que se sobrepasen los 30.5 metros (100') de radio se deben instalar los verticales necesarios, interconectados a la misma barra de tierra principal (BTTP), a fin de cubrir el área total del edificio. Para igualar potenciales, estos verticales se interconectarán cada tres niveles a través de la barra de tierra de piso (BTP), mediante un conductor de las mismas especificaciones del CV, que se llama igualador horizontal (IH) (Ver Figura 4.2).

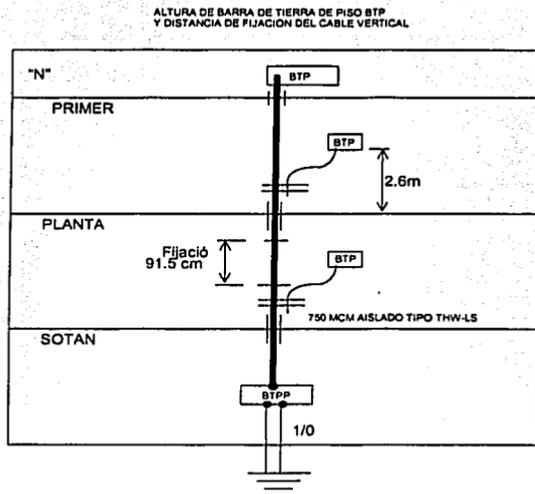
e) No se permite conectar ningún equipo al IH.



**Figura 4.2. Instalación Típica de Cables Verticales e Igualadores Horizontales.**

f) El extremo superior del CV en el último piso del edificio, debe conectarse en la BTP (Ver Figura 4.3).

## MAJLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



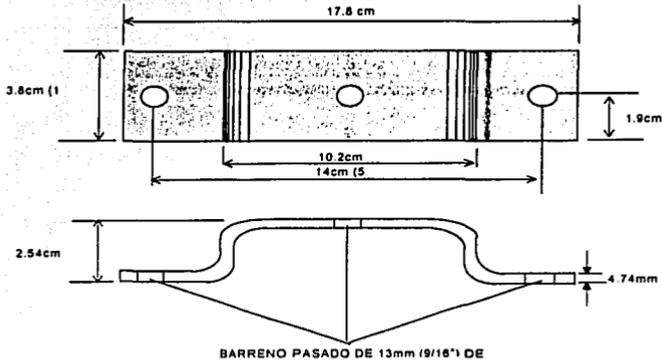
**Figura 4.3. Conexión del Cable Vertical en su Extremo del Último Piso Directo a la BTP.**

### **ESPECIFICACIONES.**

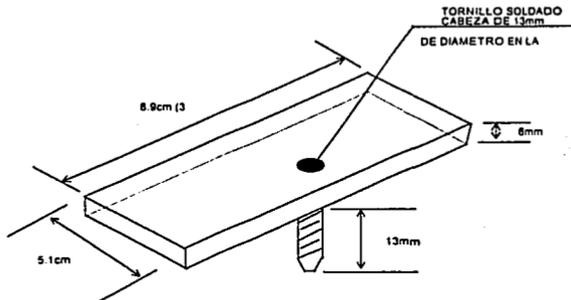
- Para edificios de más de un nivel, se utilizará cable de cobre con temple semiduro, calibre 750 KCM, de 61 hilos, con aislamiento tipo THW-LS color verde, 600 volts, 90 °C.
- Para Unidades Remotas de Línea (URL's), Repetidores de Microondas y Fibra Óptica (RMO's y RFO's), de un solo nivel se utilizará cable de cobre con temple semiduro, calibre 1/0 AWG, de 19 hilos, con aislamiento tipo THW-LS color verde, 600 volts, 90° C.
- Para proyectos rurales, como son : Multiplexores de Abonados, Radios Punto a Punto y Sistemas de Radio de Acceso Múltiple (RAM), instalados a la intemperie, se utilizará alambre de cobre desnudo con temple semiduro, calibre No. 2 AWG y para postería de madera, calibre No. 6 AWG.

CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

- d) El CV, la BTPP, BTP y la BVT deben estar separadas de la pared y columnas una distancia mínima de 7.6 cm (3"), con una solera de fierro galvanizado y un aislador de resina epóxica ó bien tipo unistrut. Ver especificación para sujeción del cable y barras de tierra (Ver Figuras 4.4 a, b, c, d, e, f y g).



**Figura 4.4a. Especificación de la Solera de Fierro Galvanizado.**



**Figura 4.4b. Solera de Fierro para la Sujeción del Cable Vertical al Aislador tipo Manzana.**

MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

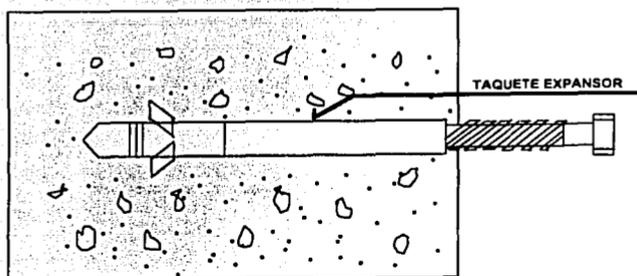


Figura 4.4c. Taquete Expansor de 3/8".

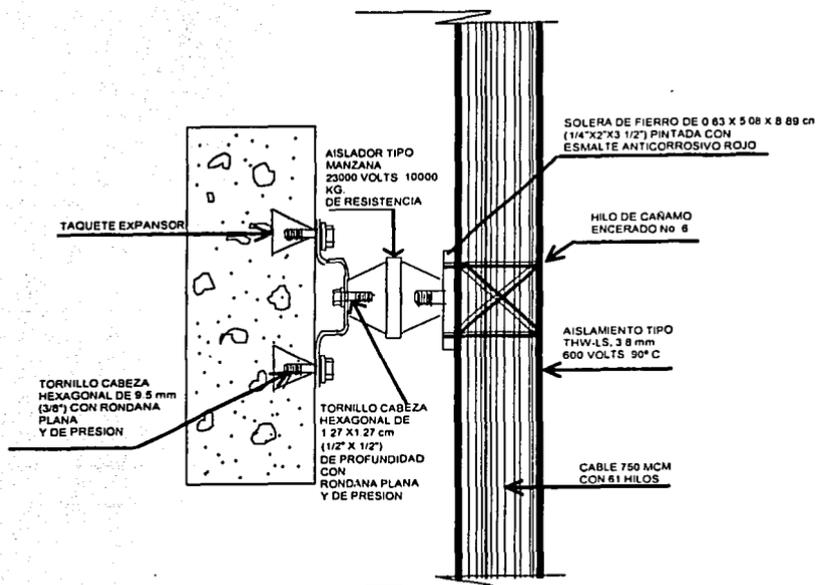
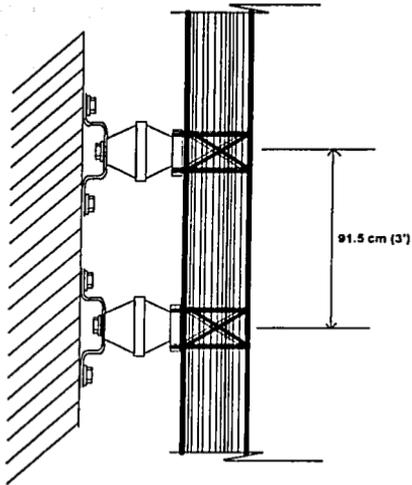
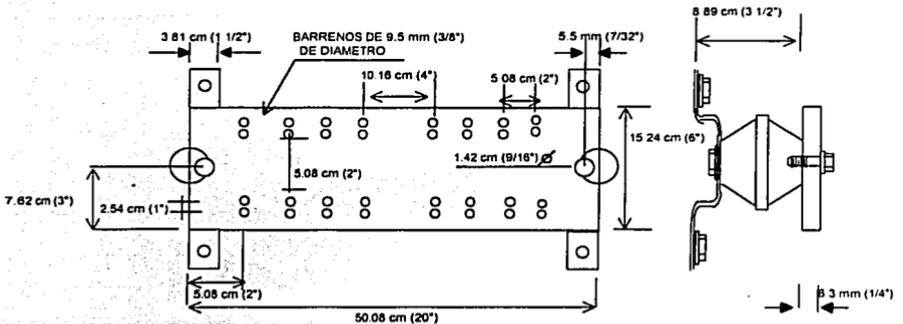


Figura 4.4 d. Sujeción para el Cable Vertical.

e) Los soportes para la fijación del cable vertical se instalarán cada 91.5 cm (3') a lo largo de la trayectoria del cable (Ver Figura 4.4e).



**Figura 4.4e. Separación entre Soportes de Fijación del Cable Vertical.**



**Figura 4.4 f. Sujeción de las barras de cobre.**

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

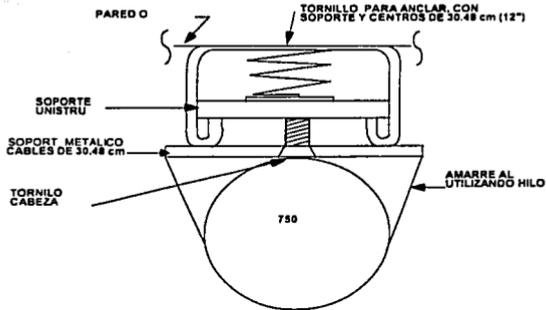


Figura 4.4g. Sujeción del Cable Vertical con Unistrut.

### **NORMAS DE LA BARRA DE TIERRA DE PISO (BTP).**

- a) La longitud del conductor, entre la BTP y el CV, no debe exceder de 6.1 metros (20')  
(Ver figura 4.5).

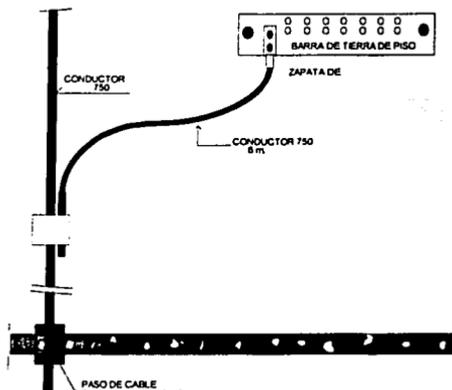
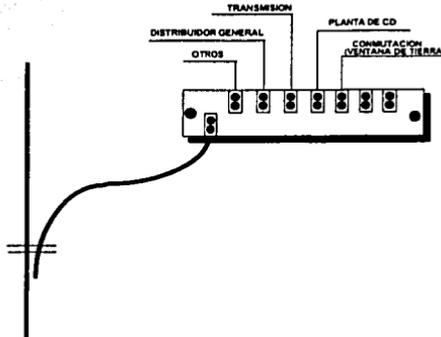


Figura 4.5. Longitud Máxima del Conductor entre el Cable Vertical y la Barra de Tierra de Piso.

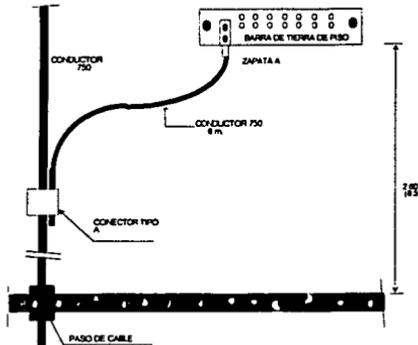
b) El orden de conexión típica de la BTP es como se muestra en la **Figura 4.6.**

- Debe conectarse cerca del CV, el equipo que produce más ruido.



**Figura 4.6. Conexión Típica a la Barra de Tierra de Piso.**

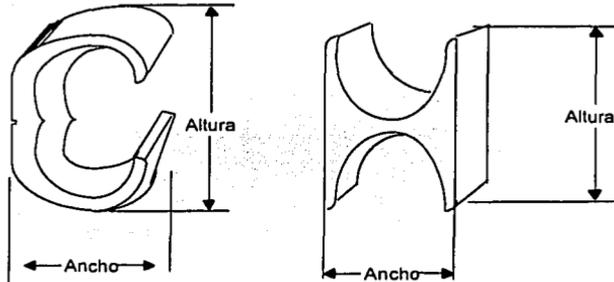
c) La BTP debe estar instalada a una altura de 2.60 metros (8.5') del nivel del piso (Ver **Figura 4.7.**)



**Figura 4.7. Altura de Instalación de la BTP.**

MAJLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

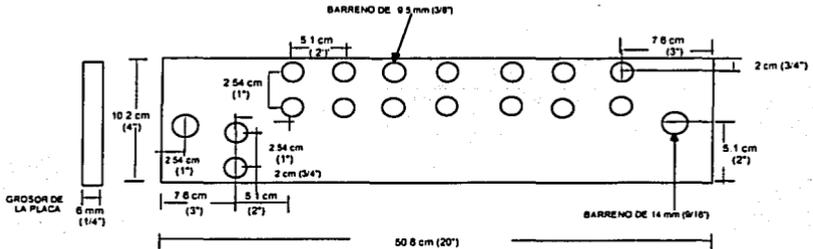
- d) El conductor para conectar la BTP al CV es de las mismas especificaciones del punto 7.2 inciso a), estos conductores se deben unir a través de conectores de compresión de cobre tipos "H" o "C" (Ver Figura 4.8).



**Figura 4.8. Conectores de Compresión de Cobre Tipos "C" ó "H".**

**ESPECIFICACIÓN DE LA BTP.**

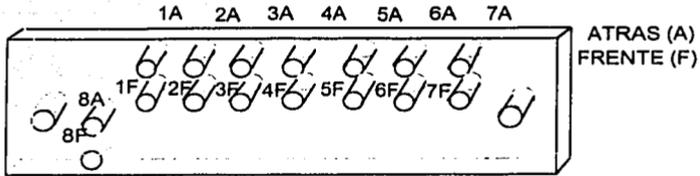
- a) La BTP es una barra de cobre y sus dimensiones se especifican en la **Figura 4.9**.



**Figura 4.9 Especificación de la BTP.**

- b) El orden de numeración de conexiones de la BTP será como se indica en la siguiente figura :

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

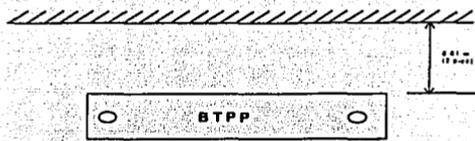


BTP- Barra de Tierra de piso.	Localización: Columna 3B.	
Posición	Calibre del Cable	Asignación
1F	Varia (norma)	OTROS
2F	Varia (norma)	D.G.
3F	Varia (norma)	OTROS
4F	Varia (norma)	OTROS
5F	Varia (norma)	TX
6F	Varia (norma)	C.D.
7F	Varia (norma)	CTL. DIG. (BVT)
8F	750 KCM	CV
1A	Varia (norma)	OTROS
2A	Varia (norma)	D.G.
3A	Varia (norma)	OTROS
4A	Varia (norma)	OTROS
5A	Varia (norma)	TX
6A	Varia (norma)	C.D.
7A	Varia (norma)	CTL. DIG. (BVT)
8A	Varia (norma)	OTROS

**NORMAS DE LA BARRA DE TIERRA DE PUNTO PRINCIPAL.**

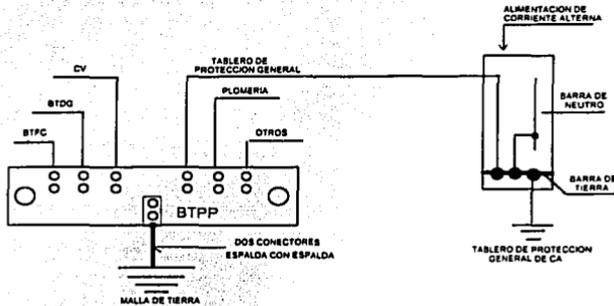
- La BTPP debe estar instalada a una distancia de 0.61 m (2') de la losa ó trabe de la fosa de cables en centrales urbanas (**Ver Figura 4.10**).
- En Unidades Remotas de Línea, Repetidores de Microondas y de Fibra Óptica, debe instalarse la BTPP lo más cerca posible de la acometida de corriente alterna o del tablero de protección general de CA.
- La BTPP debe estar conectada a la malla de tierra en dos puntos opuestos, por seguridad.

MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



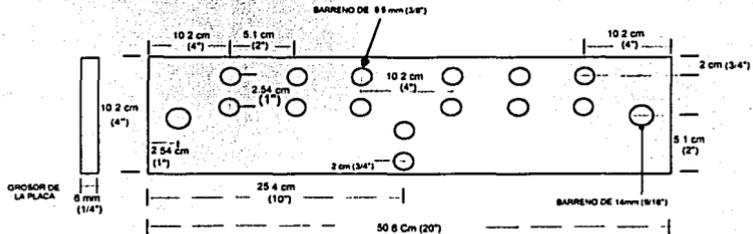
**Figura 4.10. Instalación de la BTPP en la Fosa de Cables.**

- d) La BTPP debe estar instalada a una altura de 1.6 m (5.24') del piso en URL's RMO's y RFO's, de un solo nivel.
- e) Las Conexiones típicas de una BTPP deben ser como se muestran en la **Figura 4.11.**



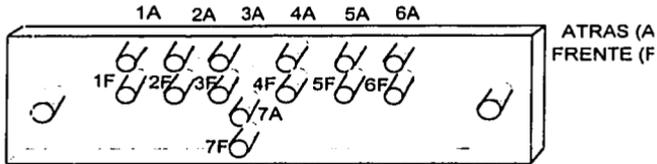
**Figura 4.11. Conexiones Típicas de una BTPP.**

- f) La BTPP es una barra de cobre y sus dimensiones se especifican en la siguiente **Figura 4.12.**



**Figura 4.12. Especificación de la BTPP.**

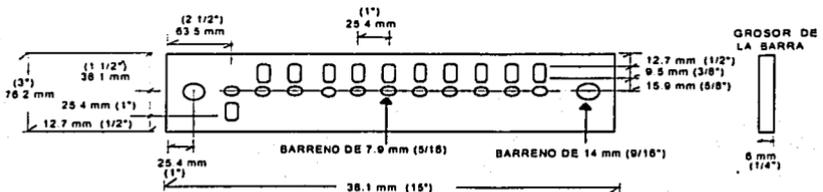
g) El orden de numeración y conexión de la BTTP debe ser como se indica a continuación:



<b>BTTP- Barra de Tierra de Punto Principal.</b>		
<b>Localización: Planta Baja ó Sótano.</b>		
Posición	Calibre del Cable	Asignación
1F	Varia (norma)	BTFC
2F	Varia (norma)	BTDG
3F	750 KCM	CV
4F	Varia (norma)	TPG
5F	Varia (norma)	Plomería
6F	Varia (norma)	Otros
7F	1/0	A la malla de tierra
1A	Varia (norma)	Otros
2A	Varia (norma)	Otros
3A	Varia (norma)	Otros
4A	Varia (norma)	Otros
5A	Varia (norma)	Otros
6A	Varia (norma)	Otros
7A	1/0	A la malla de tierra

**ESPECIFICACIÓN DE LA BTTP.**

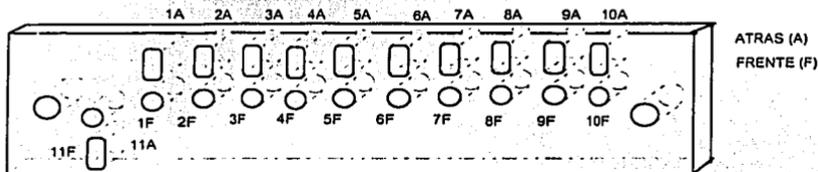
a) La BTTP es una barra de cobre y sus dimensiones se especifican en la **Figura 4.13.**



**Figura 4.13. Especificación de la BTTP.**

## MAJLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

- b) El orden de numeración y conexión de la BTPC debe ser como se indica en la **Figura 6.2**.



**FIG.4.14**

### **VENTANA DE TIERRA (VT).**

Los modernos equipos de conmutación digital requieren de la incorporación del concepto de Plano Aislado, que consiste básicamente en la puesta a tierra a través de un punto único denominado Ventana de Tierra. La Ventana de Tierra es una zona de transición tridimensional consistente de una esfera imaginaria con un radio máximo de 91.5 cm (3'), la cual es la interfase entre el plano integrado y el plano aislado de tierra. Físicamente la VT está representada por una o varias barras de cobre interconectadas, denominada Barra de Ventana de Tierra (BVT)<sup>2</sup>.

**Plano Integrado de Tierra.** Es un conjunto de estructuras metálicas que se fijan al piso, paredes y techo sin aislamiento y que están intencionalmente puestas a tierra en más de una conexión. Es usual hacer conexiones múltiples de los bastidores a la referencia de tierra para reducir la caída de voltaje a niveles aceptables. La caída de voltaje ocurre cuando existe flujo de corriente a través de esos bastidores durante la ocurrencia de fallas en los sistemas de fuerza de CA ó CD ó cuando un rayo le pega al edificio. Las estructuras metálicas de edificios, tuberías de agua, piso falso, gabinetes y charolas metálicas, forman un plano integrado de tierra cuando están unidos por conexiones múltiples intencionales o accidentales.

**Ejemplo de un Plano Integrado de Tierra:** es el utilizado para equipos de conmutación analógica que tiene multiconexiones a tierra de herrajes, paredes, techos, camas de cables, bastidores de equipos de radio de microondas y bastidor del distribuidor general.

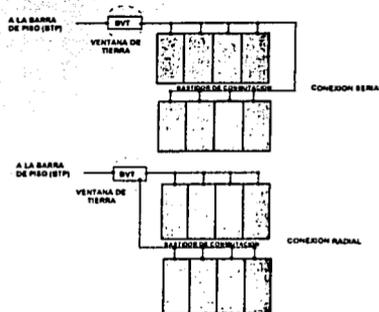
**Plano Aislado de Tierra.** Es un arreglo de bastidores interconectados intencionalmente a tierra, a través de una sola conexión. Este plano, tomado como unidad conductiva en todas sus superficies metálicas y cables de puesta a tierra, **está aislado del contacto de cualquier punto de la estructura metálica y/o del concreto del edificio.**

<sup>2</sup> Bell Communications Research Central Office Grounding. "Bellcore" TR-NWT-000295. Emitido el 2, Julio 1992.

Durante la ocurrencia de fallas de CA, CD o cuando una descarga de rayo circula en el edificio, ninguna de esas corrientes puede fluir al plano aislado de tierra a causa de la conexión a tierra en un solo punto.

**Ejemplo de Plano Aislado de Tierra:** es un Sistema de Conmutación Digital, el cual es necesario proteger de disturbios eléctricos, por lo que no deberá tener conexión eléctrica alguna con pisos, paredes, techos, equipos de clima, alumbrado, contactos eléctricos, tuberías, herrajes y estructuras metálicas.

Cada proveedor de equipo de conmutación digital tiene sus propias especificaciones de conductores de puesta a tierra, que evitan se generen corrientes circulantes entre los bastidores de conmutación. Los equipos de conmutación digital se pueden conectar a la ventana de tierra en forma serial o radial siendo la conexión radial la más recomendable (Ver Figura 4.15).



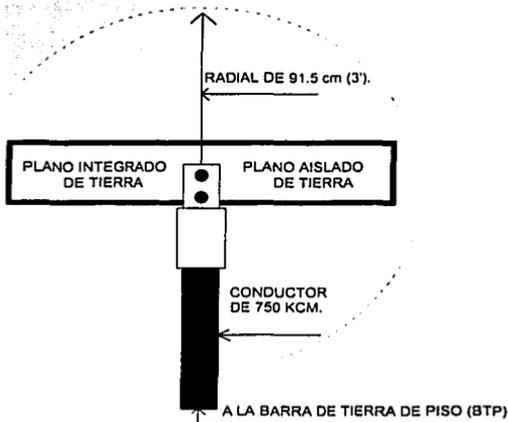
**Figura. 4.15. Ventana de Tierra a la Conexión Serial o Radial de Bastidores de Conmutación.**

#### **NORMAS DE LA VENTANA DE TIERRA.**

- a) Debe instalarse una VT por cada planta de corriente directa.
- b) La BVT debe instalarse dentro del área de cobertura radial de 30.5 m (100') que cubre el CV.
- c) La VT tiene una cobertura máxima para tres pisos que contengan equipo telefónico digital, siempre y cuando ésta se encuentre localizada en el piso intermedio.

### MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

- d) La BVT se divide en dos secciones : Plano Aislado y Plano Integrado de Tierra, a partir del punto de conexión a la BTP (Ver Figura 4.16)
- e) La VT tiene un radio de acción de 91.5 cm (3'), es decir, todos los elementos y/o equipos que estén contenidos en el plano aislado deben pasar por este radio de acción.



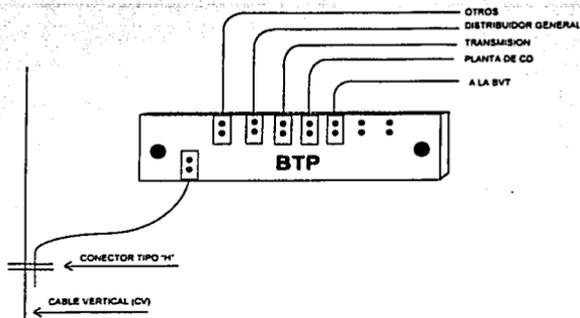
**Figura 4.16. Ventana de Tierra para Centrales Digitales.<sup>3</sup>**

- f) Las tuberías metálicas (conduits) que lleven alimentación de CA para equipos misceláneos, instalados dentro de la sala de conmutación, deben pasar por el radio de cobertura de la VT de 91.5 cm (3') antes de entrar a la sala de conmutación y conectarse a la sección del plano integrado de la BVT, aislándose de la estructura del edificio y de las partes metálicas donde hagan contacto físico (Ver Figura 4.17a y 4.17b)
- g) El recorrido de un conductor de tierra del plano aislado a la BVT tendrá una distancia máxima de 45.7 m (150')
- h) La BVT se conecta a la BTP como se indica en la **Figura 4.18**.

<sup>3</sup> Ibidem.



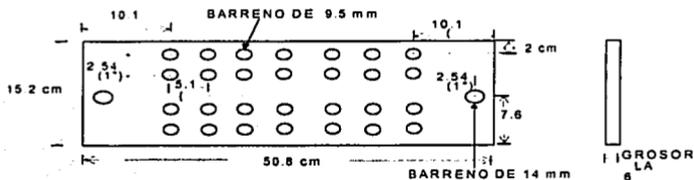
MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



**Figura 4.18. Conexión de la BVT a la BTP.**

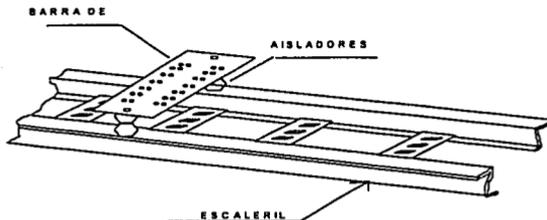
**ESPECIFICACIONES DE LA BARRA DE LA VENTANA DE TIERRA.**

a) Dimensiones de la barra de cobre para la ventana de tierra (Ver Figura 4.19).



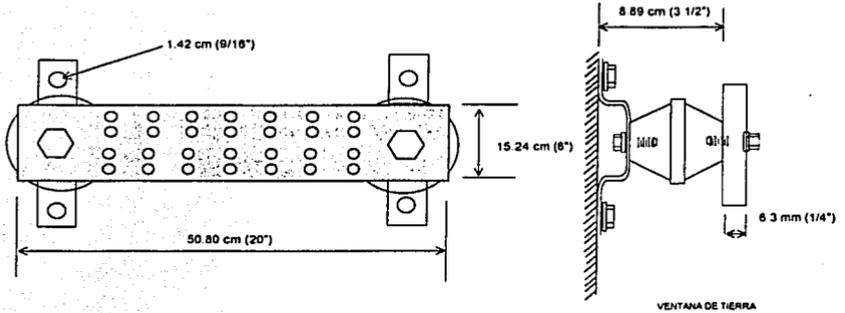
**Figura 4.19. Especificaciones de la Barra de Cobre para la BVT.**

b) Instalación de la BVT sobre escalerilla (Ver Figura 4.20).



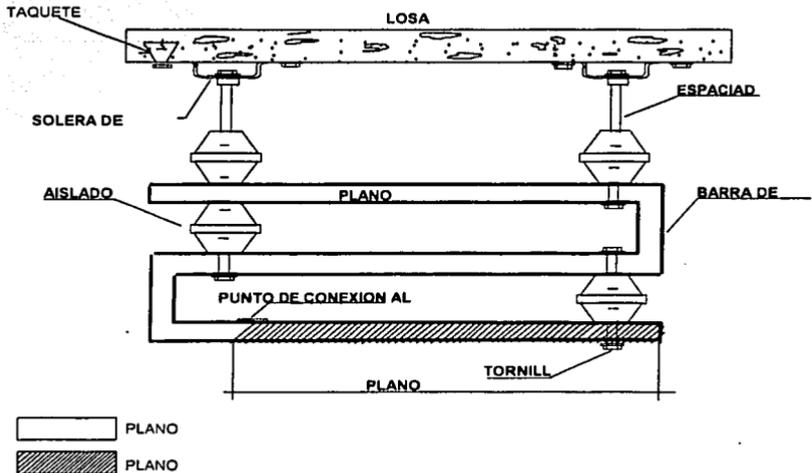
**Figura 4.20. BVT Sobre Escalerilla.**

c) Sujeción de la BVT en pared (Ver Figura 4.21).



**Figura 4.21 Ventana de Tierra en Pared.**

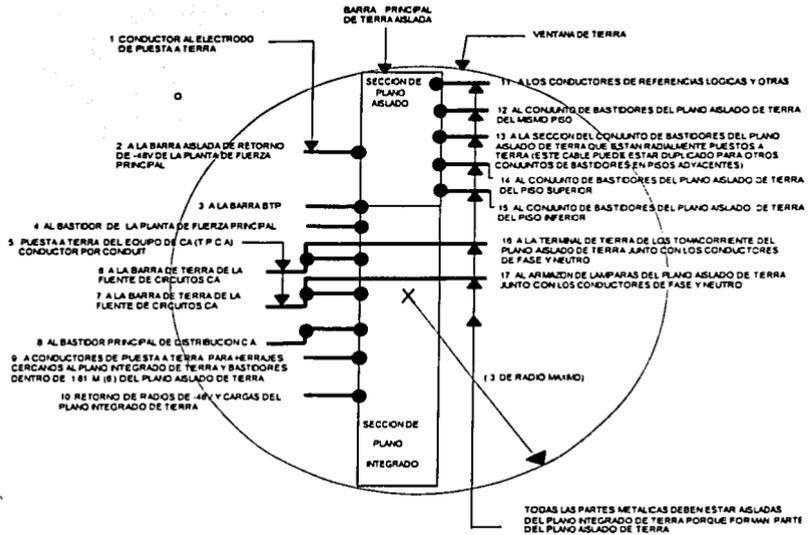
d) Instalación de la BVT en el techo (Ver Figura 4.22).



**Figura 4.22. Instalación de BVT en Techo.**

e) Orden de conexiones típicas de una BVT (Ver Figura 4.23).





**Figura 4.23. Conexiones Típicas de la Ventana de Tierra.**

f) Los calibres de los conductores que se conectan a la barra de la ventana de tierra se muestran en la **Tabla 4.24**.

MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

**Tabla 4.24. Conexiones Típicas de una Ventana de Tierra.**

Número de Conexión e Identificación del Conductor	Requerido en todas las Plantas		Requerido o en algunas Plantas		Calibre mínimo del conductor para conducir corriente de falla (AWG)
	Si	No	Si	No	
1,2: CONDUCTOR AL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA O A LA BARRA AISLADA DE RETORNO DE -48 V DE C.D.	X				750 KCM
3: CONEXIÓN DE LA BARRA DE VENTANA DE TIERRA (BVT) A LA BARRA DE TIERRA DE PISO (BTP).	X				750 KCM
4: CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DEL BASTIDOR DE LA PLANTA DE FUERZA PRINCIPAL DE C.D.		X	X		6 AWG HASTA 21 m (70'), 1/0 DE 21 A 73 m (70' A 240') Y 2/0 PARA MÁS DE 73 m (MAS DE 240').
5, 6, 7: CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE C.A. (PLANTAS DE FUERZA EXTERNA).		X	X		6
8: AL BASTIDOR DE DISTRIBUCIÓN DE C.A.	X				6 AWG HASTA 21 m (70'), 1/0 DE 21 A 73 m (70' A 240') Y 2/0 PARA MAS DE 73 m (MAS DE 240')
9: CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA PARA HERRAJES CERCANOS AL PLANO INTEGRADO DE TIERRA Y BASTIDORES DENTRO DE 6 PIES DEL PLANO AISLADO DE TIERRA		X	X		6
10: CONDUCTOR DE RETORNO DE -48 V Y CARGAS DEL PLANO INTEGRADO DE TIERRA		X	X		CONDUCTOR DEL MISMO CALIBRE QUE EL DE LA CARGA (MÁXIMO 1/0)
11: REFERENCIA A TIERRA LÓGICA Y OTROS CONDUCTORES EN EL PLANO AISLADO DE TIERRA.		X	X		REQUISITO DEL PROVEEDOR

12, 13, 14, 15: CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA DEL PLANO DE TIERRA AISLADO	X				1/0
16, 17: A LA TERMINAL DE TIERRA DE LOS TOMA CORRIENTE, JUNTO CON LOS CONDUCTORES DE FASE Y NEUTRO	X				MISMO CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA FASE ASOCIADA

**CORRIENTE DIRECTA (CD).**

Los equipos de la planta telefónica requieren para su funcionamiento de energía de CD a voltajes generalmente de -24 y -48 V, con positivo (retorno) (+) conectado a tierra.

La obtención de CD se logra por medio de los equipos de rectificación, los cuales alimentan a los equipos telefónicos y bancos de baterías que sirven como reserva de energía y filtro de ruido eléctrico.

Los equipos de conmutación digital son altamente sensibles a perturbaciones eléctricas, por lo que debe realizarse la correcta puesta a tierra de los rectificadores, baterías y tableros de distribución de CD, observándose las siguiente normas:

- a) La barra positiva de retorno debe estar aislada de los bastidores.
- b) Los proveedores de equipo de conmutación digital deben considerar en su proyecto, la instalación de los bastidores de distribución de CD dentro de la sala de conmutación para alimentar estos equipos y cumplir con las caídas de tensión permisibles, como se muestra en la **Figura 4.25.**

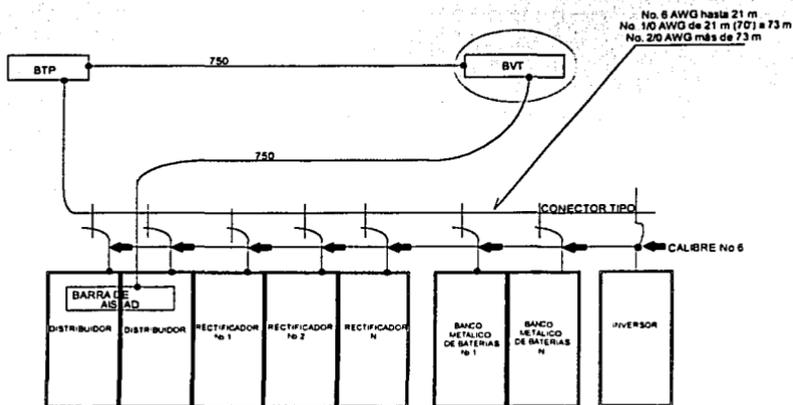


**Figura 4.25. Caídas de Tensión Permisibles.**

- c) Los elementos de protección CD deben ser fusibles de fusión rápida adecuada para la protección del equipo y deben ser calculados al 130% de la carga nominal del equipo instalado.
- d) Se deben instalar bastidores de distribución en la planta de CA con fusibles de diferentes capacidades para ser compatibles con la diversidad de equipo a instalar, los cuales podrán ser de: 400, 200, 150, 100, 60, 45, 30, 20, 15, 6, y 3 amperes.

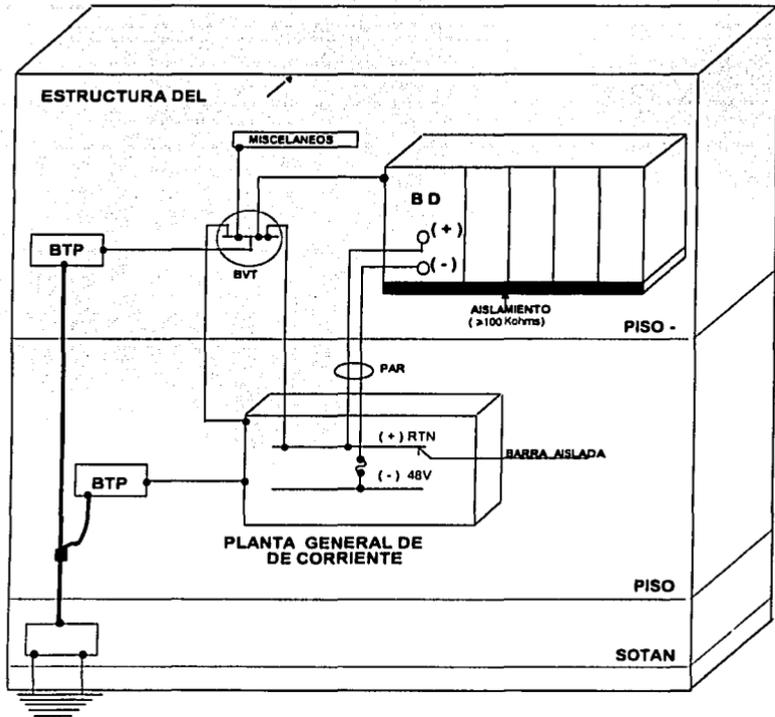
## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

- e) Los calibres de conductores de puesta a tierra de los gabinetes para la planta de CD se muestra en la **Figura 4.26**.



**Figura 4.26. Planta de Corriente Directa.**

- f) La puesta a tierra típica de una planta de corriente directa localizada en un piso diferente que el equipo de conmutación se muestra en la **figura 4.27**.
- g) Cada planta de CD que alimente un equipo de conmutación digital debe tener su ventana de tierra asociada, la cual dará servicio hasta tres pisos contiguos. En caso de instalarse otra Central Digital en el cuarto piso se debe instalar otra planta de CD con su ventana de tierra correspondiente.
- h) La puesta a tierra típica de una planta de CD localizada en el mismo piso del Equipo de Conmutación digital se muestra en la **Figura 4.28**.
- i) La puesta a tierra típica del estante de baterías se debe hacer con un conductor de cobre, temple semiduro, calibre No. 6 AWG, con aislamiento THW-LS de color verde, temple semiduro, conectado a la BTP.

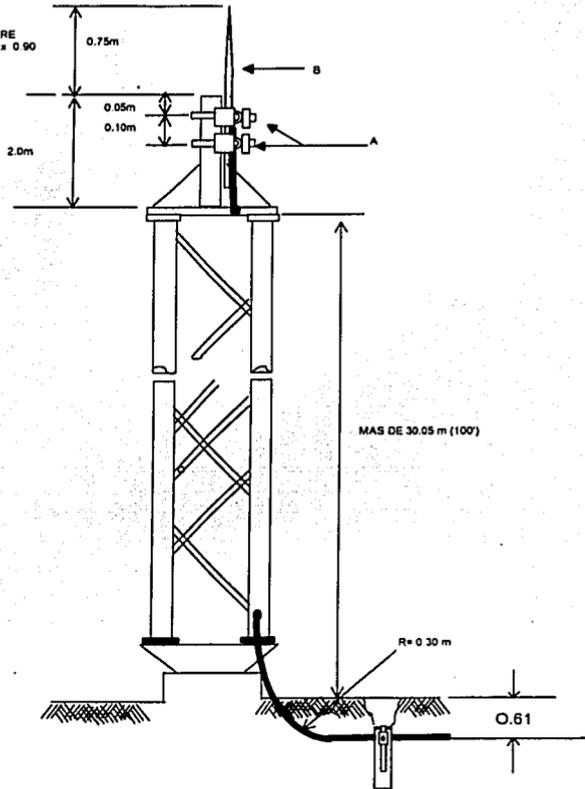


**Figura 4.27. Planta de Corriente Directa en un Piso diferente que el Equipo de Conmutación.**



CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

- A) CONECTOR MECANICO TIPO GD  
PARA 76.2 mm (3") DE DIAMETRO, SE  
INSERTARA UN TROZO DE 0.15 m  
(6 S") DE CONDUCTOR No. 6 AWG
- B) PARARRAYOS TIPO VARILLA DE COBRE  
MACIZO-CROMADA DE 12.7 mm (1/2") x 0.90  
DE LARGO



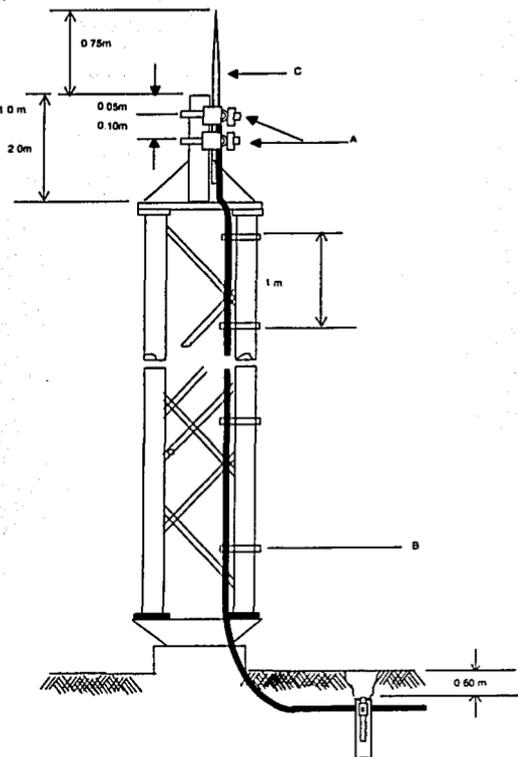
**Figura 4.29. Puesta a Tierra del Pararrayos en Torres de Microondas mayores de 30.5 m (100 Pies) utilizando la Estructura como Conductor.**

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

A) CONECTOR MECÁNICO TIPO GQ DE 7.62 cm (3") DE Ø PARA UNA VARILLA Y CONDUCTOR A TIERRA

B) ABRAZADERA METÁLICA ABIERTA TIPO UFA COLOCADA A CADA METRO, PARA SUJECIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA EN PATA DE LA TORRE

C) PARARRAYOS TIPO VARILLA DE COBRE MACIZA-CROMADA DE 1.27 cm (1/2") Ø X 1.0 m

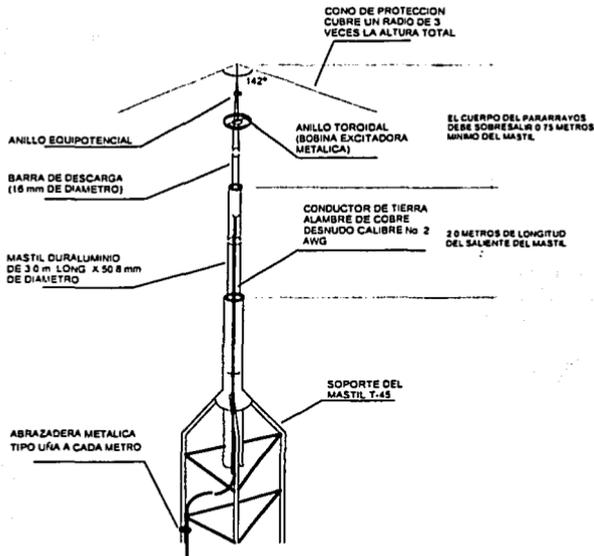


**Figura 4.30. Conexión de Puesta a Tierra del Pararrayos en Torres de Microondas menores de 30.5m (100pies).**

- f) Los pararrayos de telefonía rural protegen una zona en forma de cono, cuya base es una circunferencia de radio igual a tres veces la altura alcanzada por el pararrayos.
- g) El conductor del pararrayos debe ir puesto a tierra con 3 electrodos conectados en delta y con longitud de 3 a 4.5 m con respecto al centro. Asimismo, se conecta a la malla de tierras.

h) Reglas que se deben observar al instalarse los pararrayos de acuerdo al RIE<sup>4</sup>:

- Los conductores y electrodos no deben utilizarse para la puesta a tierra de instalaciones y equipos, sino que deben tener su propio sistema de tierra, pero se recomienda interconectar entre sí los diferentes sistemas de tierra en una misma instalación.
  - Las canalizaciones y cubiertas metálicas y otras partes metálicas de equipos eléctricos que no lleven corriente, deben mantenerse por lo menos a dos metros de distancia de los conductores de puesta a tierra de los pararrayos, ó bien, solo cuando esto no sea posible, dichas partes deben conectarse firmemente a los conductores mencionados.
- i) El montaje del pararrayos en las torres se debe hacer mediante el mástil de tubo de fierro galvanizado de 2" de diámetro, cédula 40 y 3.00 m (9.85') de largo para telefonía celular (Ver Figura 4.31).

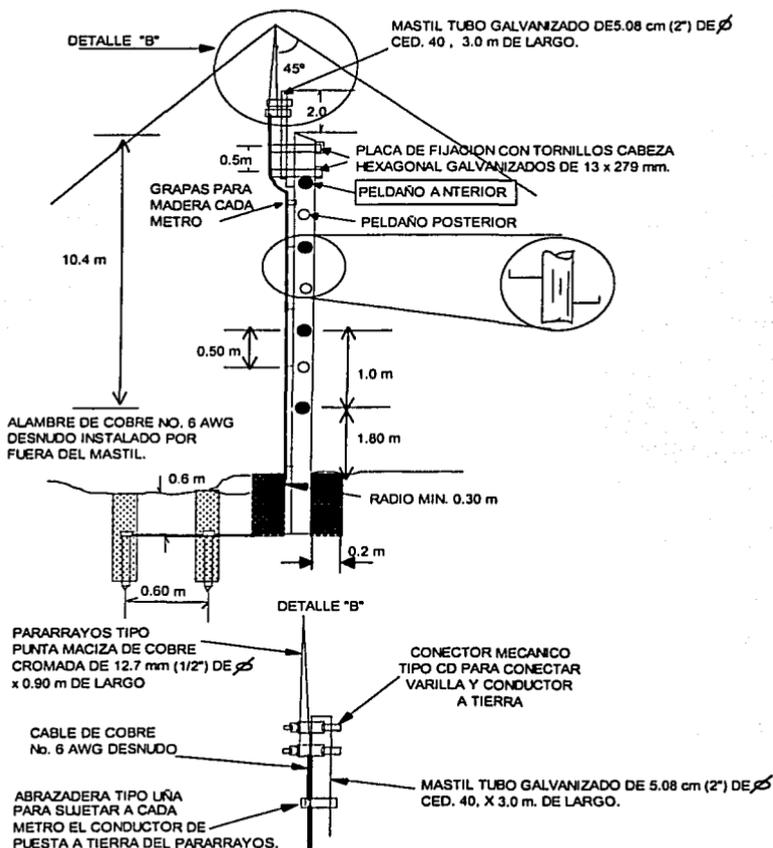


**Figura 4.31. Partes Típicas de un Pararrayos.**

<sup>4</sup> Reglamento de Instalaciones Eléctricas (RIE) NOM-SEMP-001, Sept.-1993.

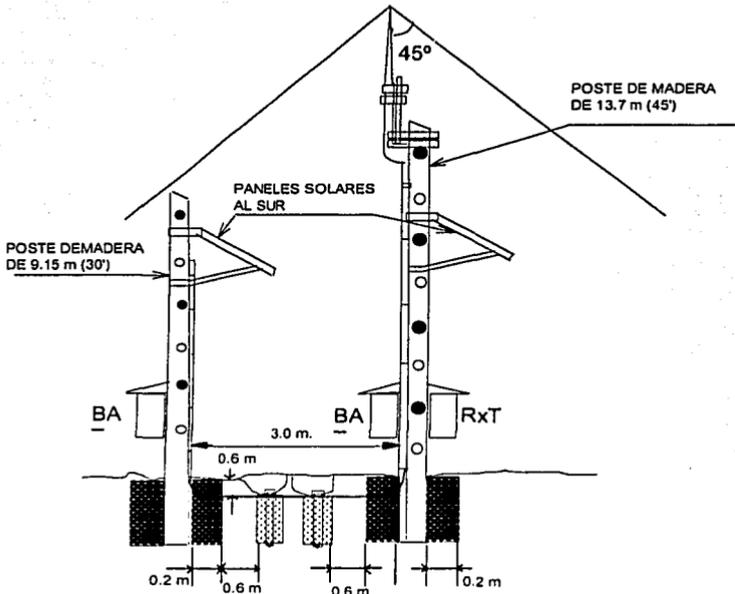
MACLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

- j) En el poste de madera de 13.7 m (45'), en agencia RAM y/o terminal de Radio Punto a Punto, se utilizará pararrayos montado en mástil de tubo galvanizado cédula 40 y de 5.08 cm (2") de diámetro x 3.0 m (9.85') de longitud y la puesta a tierra de esta infraestructura será conforme a la **Figura 4.32**.



**Figura 4.32 Montaje del Pararrayos en Postes de Madera de 13.7 m**

k) La infraestructura compuesta por dos postes requerirá que se instale el pararrayos en el poste de mayor altura (Ver figura 4.33).

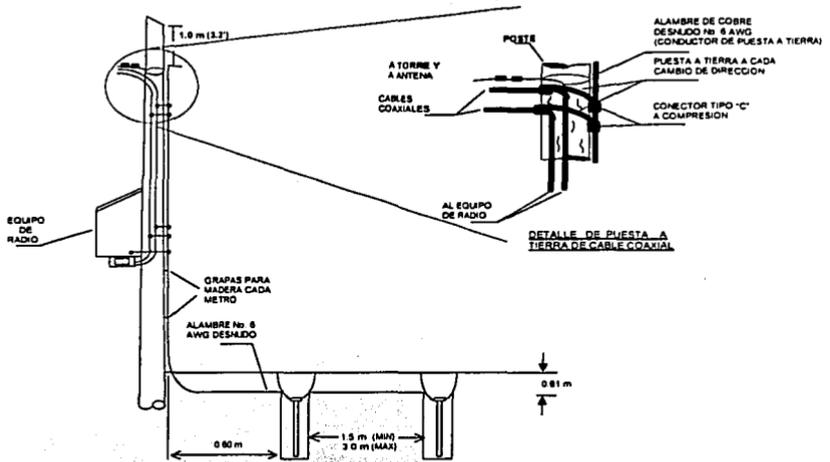


**Figura 4.33. Sistema de Tierra en Infraestructura con Postes de 30 y 45 pies.**

#### **4.1. Líneas De Transmisión (Guía de Onda y/o Cable Coaxial).**

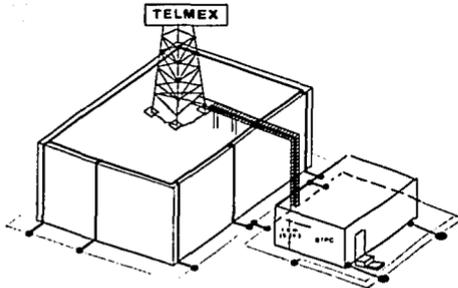
- La puesta a tierra de las líneas de transmisión se debe hacer antes de cada cambio de dirección de arriba hacia abajo (Ver Figura 4.1.1).
- Cuando entre cambios de dirección se rebasen los 30 metros de longitud de las líneas de transmisión, se debe poner a tierra en la parte media ó proporcional.
- Las líneas de transmisión se deben conectar a la BTT utilizando el juego de conexión a tierra (KIT) adecuado al tipo de línea (Ver Figura 4.1.1).

MAJLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



**Figura 4.1.1. Puesta a Tierra de las Líneas de Transmisión en Poste.**

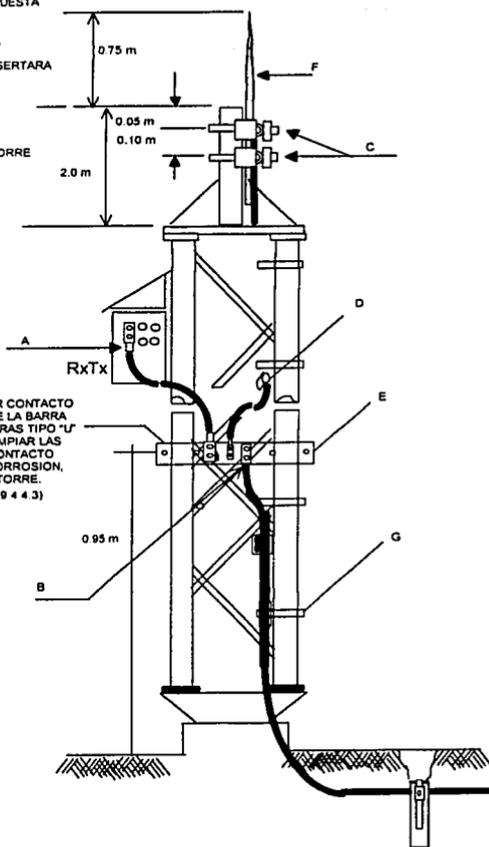
- d) La BTT se debe conectar a la estructura de la torre, cuando esta mida más de 30 metros, ó al del pararrayos cuando sea menor de 30 metros (Ver figura 4.1.2).
- e) Las características y especificaciones de la BTT para la puesta a tierra de las líneas de transmisión se muestra en la Figura 4.1.3.
- f) Las líneas de transmisión se conectarán a tierra en la parte exterior de la escotilla a una barra externa de tierra (BET) (Ver Figura 4.1.4a y 4.1.4b).



CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

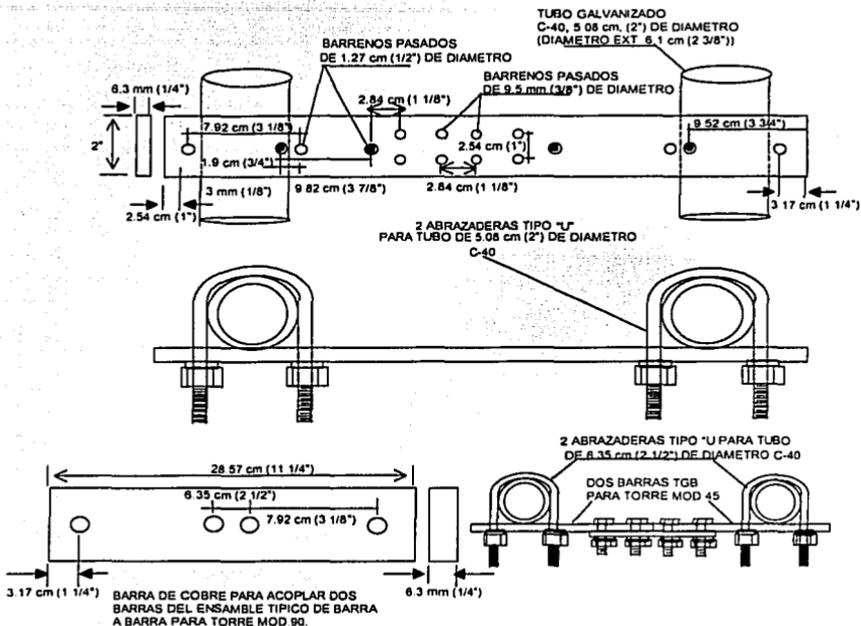
- A) CONEXION DE ALAMBRE DESNUJADO CALIBRE No 6 AWG CON TERMINAL DE 9.5 mm (3/8") DE DIAMETRO PARA PUESTA A TIERRA DE GABINETES
- B) TERMINAL TIPO COMPRESION DOBLE OJILLO DE 9.5 mm (3/8") DE DIAMETRO.
- C) CONECTOR MECANICO TIPO G3 PARA DIAMETRO DE 7.62 cm (3") SE INSERTARA UN TROZO DE O 15 m DE CONDUCTOR CALIBRE No 6 AWG
- D) JUEGO DE PUESTA A TIERRA PARA LINEAS DE TRANSMISION
- E) BARRA COLECTORA DE COBRE DE 0.63 X 5.08 cm (1/4" X 2") CON LA LONGITUD DE ACUERDO AL TIPO DE TORRE SE FIJARA CON ABRAZADERAS TIPO "U" EN CADA EXTREMO VER FIGURA 9 4 4 3
- F) PARARRAYOS TIPO VARILLA DE COBRE MACIZO-CROMADA DE 1.27 cm (1/2") x 0.90 m
- G) ABRAZADERA METALICA TIPO UÑA COLOCADA A CADA METRO, PARA SUJECION DEL CONDUCTOR A TIERRA EN PIERNA DE LA TORRE

NOTA PARA LOGRAR CONTACTO EFECTIVO DE LA BARRA Y ABRAZADERAS TIPO "U" SE DEBEN LIMPIAR LAS AREAS DE CONTACTO (PINTURA, CORROSION, ETC.) EN LA TORRE. (VER FIGURA 9 4 4 3)

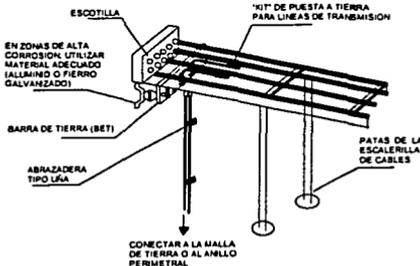


**Figura 4.1.2. Torre mayor de 30 metros.**

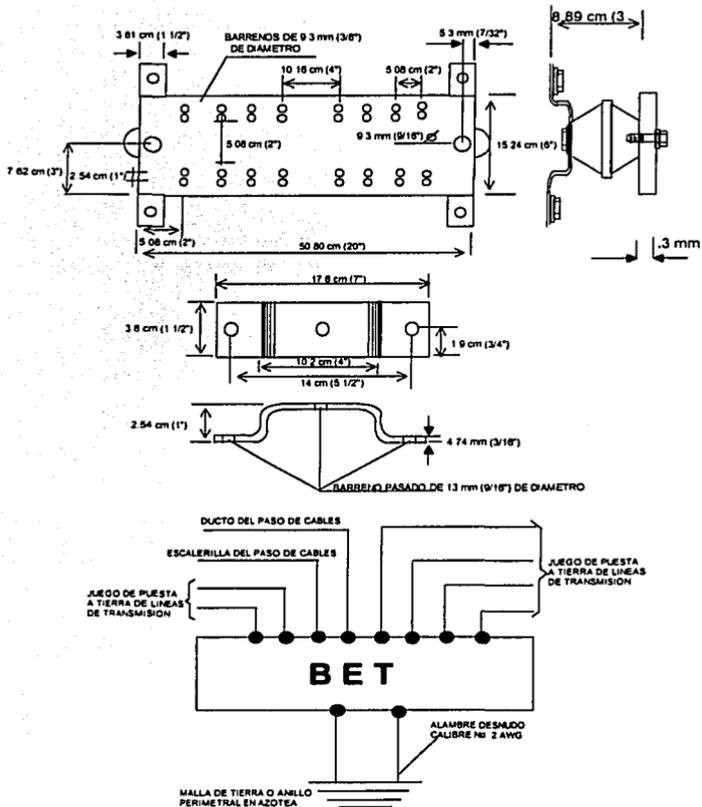
**MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS**



**Figura 4.1.3. Características y Especificaciones de la BTT.**



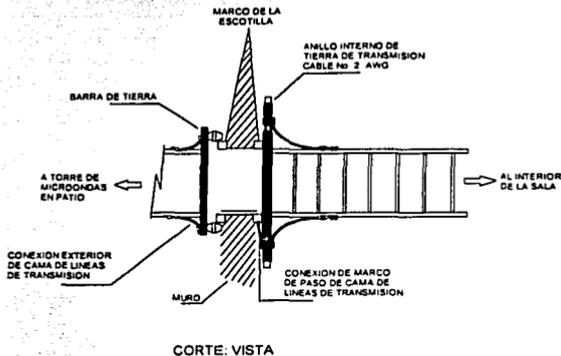
**Figura 4.1.4a. Puesta a Tierra de las Líneas de Transmisión en el Exterior de la Sala de Equipos de Transmisión.**



**Figura 4.14b. Conexiones Típicas y Especificación de la Barra Externa de Tierra (BET).**

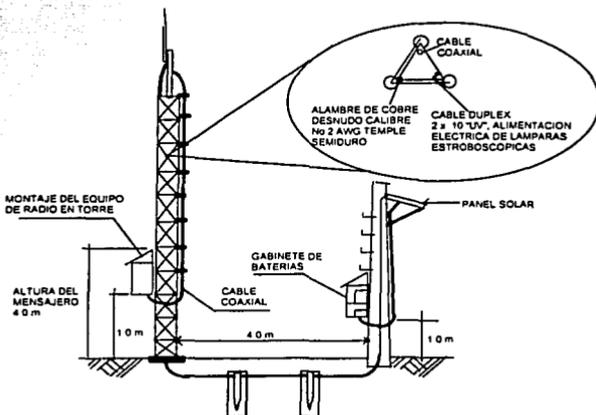
- g) Se debe conectar a tierra la escalerilla y el bastidor metálico de la escotilla, en el interior de la sala de Transmisión, al anillo interior de tierra de transmisión (AITT) y en el exterior a la barra externa de tierra BET, con un conductor calibre No. 6 AWG con aislamiento THW-LS, zapatas, terminales y conectores a compresión tipo "C" (Ver Figura 4.1.5).

MAJLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



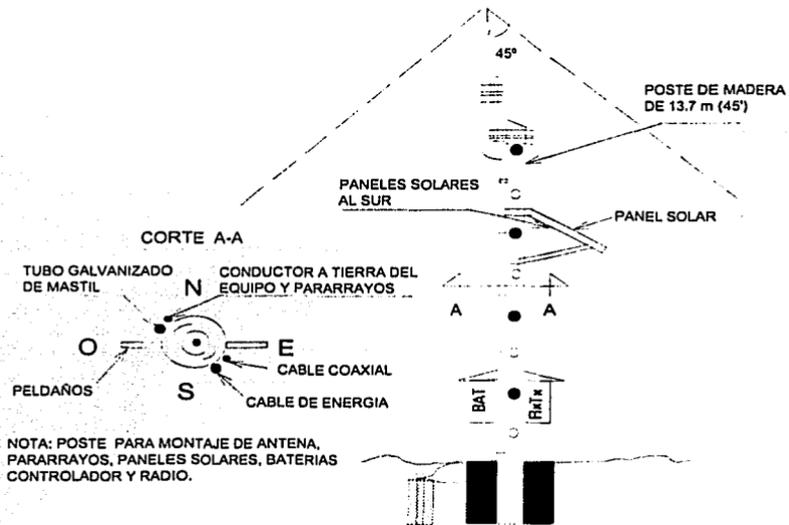
**Figura 4.1.5. Puesta a Tierra de la Escalera y el Bastidor Metálico al Paso de Líneas de Transmisión por la Escotilla.**

h) En una torre de microondas, los cables de alimentación eléctrica para las lámparas de advertencia, el conductor de puesta a tierra y las líneas de transmisión se deben instalar como se muestra en la **Figura 4.1.6.**



**Figura 4.1.6. Ubicación de los Cables de Energía Conductor de Puesta a Tierra y Línea de Transmisión.**

- i) El montaje en torre, del equipo del radio abonado RAM digital o de la terminal de Radios Punto a Punto, no requiere aislamiento entre gabinete y torre.
- j) El recorrido de la línea de transmisión, al utilizarse poste de madera como infraestructura, debe localizarse en el mismo lado del cable de alimentación del equipo de radio abonado (lado sureste) y el conductor a tierra se localizará diametralmente opuesto (es decir, al noroeste) para evitar que sea dañado por los herrajes de sujeción de los gabinetes de radio y baterías (Ver Figura 4.1.7).



**Figura 4.1.7. Recorrido del Cable Coaxial, Cable de Alimentación Eléctrica y Conductor Puesta a Tierra en Poste de 45 pies.**

**Contenedores.**

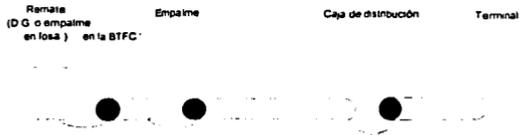
- a) Conectar la estructura metálica de la base del contenedor al anillo perimetral de la azotea, en dos puntos opuestos como mínimo, con cable de cobre desnudo calibre No. 1/0 AWG y soldadura Cadweld.



## 4.2 Planta externa.

### Normas Y Especificaciones.

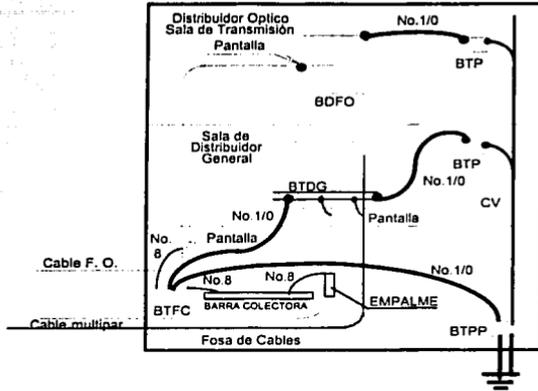
- a) La continuidad eléctrica de las pantallas y cubiertas metálicas de los cables telefónicos contribuye a disminuir ruido acústico, el deterioro del material y mejora la protección de la Red, respecto a cualquier tipo de afectación electromagnética. Por lo tanto, no se debe en ningún caso interrumpir la continuidad de las cubiertas metálicas de los cables y si se deben conectar éstas al sistema de tierra en la fosa de cables. Cuando no se respeta esta regla, se anula la influencia del resto de las protecciones instaladas en la Red, en particular la eficacia del blindaje o de las puestas a tierra (**Ver Figura 4.2.1**).



**Figura 4.2.1. Configuración General del Circuito de Pantallas y Cubiertas Metálicas de los Cables.**

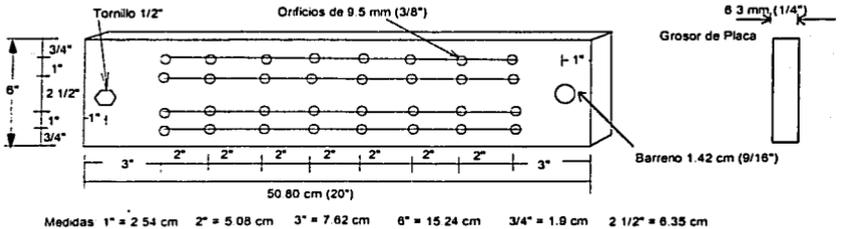
- b) Las cubiertas metálicas de todos los cables de la Planta Externa (Fibra Óptica y Multipar), deben ser puestas a tierra en la barra colectora o de ser posible en la Barra de Tierra de la Fosa de Cables (BTFC) y/o en el distribuidor al que se conecten (**Ver Figura 4.2.2**).
- c) En el caso de los cables de Fibra Óptica de la planta externa que entran a la fosa de cables, la Puesta a Tierra se debe hacer conectando el Cierre del cable de fibra óptica, a la Barra de Tierra de la Fosa de Cables, debido al cambio de cable de uso externo por cable de uso interno (**Ver figura 4.2.3**).
- d) El bastidor de distribución de Fibra Óptica se debe conectar a la BTP del piso correspondiente (**Ver figura 4.2.2**).

MAJLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



**Figura 4.2.2. Puesta a tierra de pantallas en Fosa de Cables, Distribuidor General y Distribuidor Óptico.**

- e) La Barra de Fosa de Cables (BTFC) se debe colocar lo más cercano posible a la acometida de cables para captar todo el ruido y la inducción que viene del exterior.
- f) Dimensiones de la barra de cobre para puesta a tierra en la fosa de cables (Ver Figura 4.2.3)



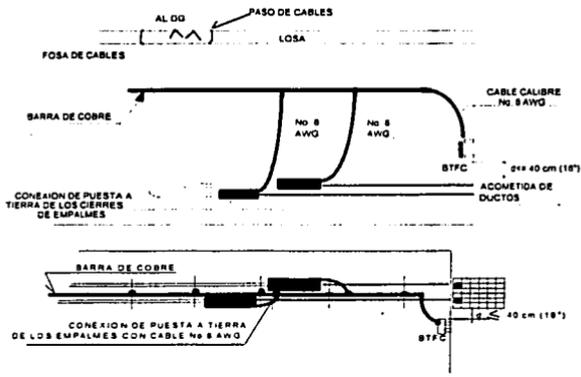
**Figura 4.2.3. Barra de Tierra de Fosa de Cables (BTFC).**

La fijación de la BTFC se debe hacer en el mismo muro donde se localiza la acometida de los cables telefónicos de la Planta Exterior y arriba de la acometida a una distancia menor o igual a 40 cm. (16"), como aparece en la figura. 4.2.4.

- g) La Puesta a Tierra de los empalmes de los cables en la fosa, debe ser a través de un cable conductor calibre No. 8 AWG, conectado a una barra de cobre que se encuentra instalada sobre los tubos que soportan las camas de cables (Ver Figura 4.2.4).

Los cables con cubierta de plomo se deben conectar a la barra de cobre mediante ligaduras de plomo, soldadas con el mismo tipo de cable.

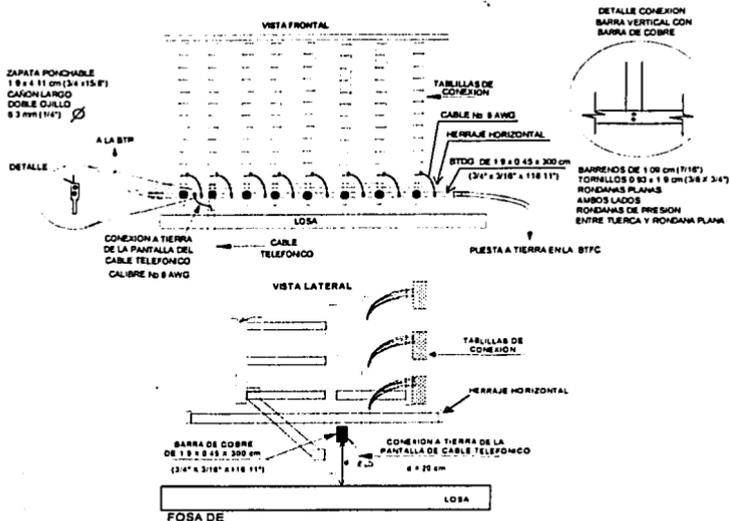
- h) Si el cable multipar no tiene **cierre de empalme**, la conexión a tierra de la cubierta metálica, se debe hacer en la Barra de Tierra del Distribuidor General (BTDG) (Ver figura 4.2.5).
- i) En Distribuidores Generales con tablilla Porta System se debe hacer la continuidad de Puesta a Tierra uniendo todas las tablillas con cable No. 8 AWG y conectándolas a la Barra de Cobre del Distribuidor (BTDG). Las características de las especificaciones son consideradas como las mínimas necesarias para cubrir los requerimientos técnicos de puesta a tierra. (Ver Figuras 4.2.5 y 4.2.6.).



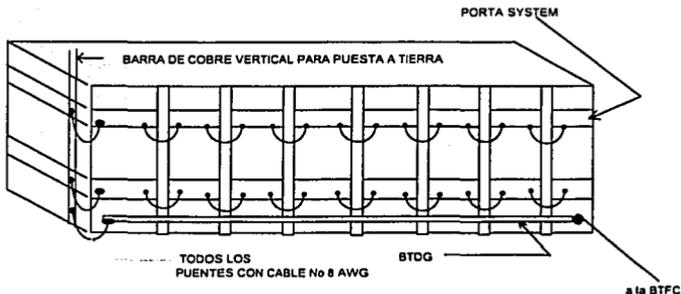
**Figura 4.2.4. Continuidad de los Empalmes en la Fosa de Cables.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS**



**Figura 4.2.5. Puesta a Tierra de Pantallas de Cable Multipar en el Distribuidor General Porta System Tipo Vertical.**

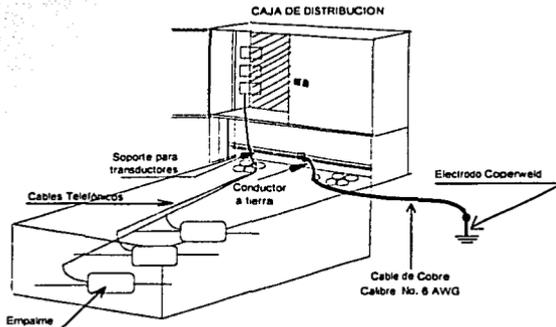


**Figura 4.2.6. Puesta a Tierra de un Distribuidor General Porta System Tipo Horizontal.**

j) La protección en los nuevos Distribuidores Generales (tipo AT&T y NORTHERN), contra las sobretensiones y sobrecorrientes en Centrales Digitales, se obtienen con el uso

de protectores de estado sólido localizados en las tablillas de prueba, cerca de las tablillas de conexión de los cables de acometida.

- k) Todas las cajas de distribución deben ser puestas a tierra con cable de cobre, calibre No. 6 AWG, conectado en la parte inferior de la caja hacia un electrodo de tierra (copperweld) de 1.57 cm (5/8") de diámetro x 1.5 metros de largo (4.9') (Ver Figura 4.2.7).



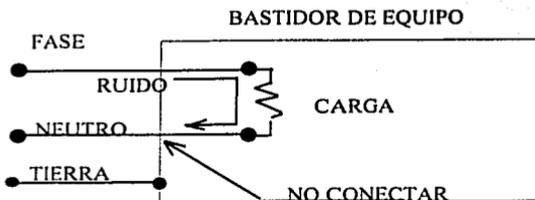
**Figura 4.2.7. Puesta a Tierra de una Caja de Distribución.**

- l) Se deben conectar los cables multipares, con las colas de las mufas en las cajas de distribución, para permitir la continuidad de pantallas de los elementos metálicos hasta la caja de distribución.
- m) En el caso de los cables con cubierta de plomo es importante la conexión a tierra mediante ligaduras soldadas entre cables.

### **4.3 Corriente Directa**

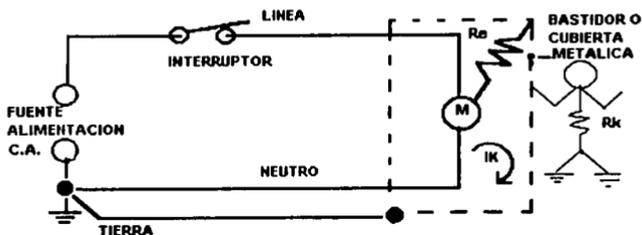
La puesta a tierra de sistemas, circuitos, equipo, canalizaciones y cubiertas metálicas de cables, debe ser permanente y continua, los elementos que la constituyen deben tener una capacidad suficiente para conducir cualquiera de las corrientes que puedan ser impuestas y ser de impedancia suficientemente baja para evitar diferencias de potencial que puedan dañar, tanto a los equipos como al personal y para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito.

Consiste básicamente en conectar a tierra las partes metálicas no conductoras de corriente, que alojan a los sistemas ó aparatos que utilizan energía eléctrica para su funcionamiento. Esto incluye todos los medios de canalización, cajas de registro, gabinetes metálicos, estructuras que soporten equipos eléctricos, carcasas de motores y generadores, tanques metálicos de transformadores y, en general, todas las estructuras metálicas (Ver Figura 4.3.1).



**Figura 4.3.1. Puesta a Tierra del Equipo de CA.**

Un circuito eléctrico debe conectarse a tierra para limitar las sobretensiones debidas a fenómenos transitorios del propio equipo, o a contactos accidentales con otras fuentes de energía con mayor tensión (condiciones anormales) (Ver Figura 4.3.2).



Donde:

- $R_e$  = Resistencia entre equipo y cubierta metálica.
- $R_k$  = Resistencia del cuerpo humano.
- $I_k$  = Corriente de falla.
- $M$  = Motor.

**Figura 4.3.2. Conexión a Tierra Correcta.**

CAPITULO 5  
INGENIERÍA BÁSICA.

## 5.0 Ingeniería Básica

### 5.1 El suelo como un conductor de la electricidad

En los sistemas con neutro a tierra el suelo se comporta como un conductor, más aún, en los sistemas denominados SWER (Sistema de Retorno por Tierra) el suelo es un conductor.

Las características del suelo son tan diferentes en este aspecto, que hay suelos que no conducen la electricidad, es decir, son aislantes, por otro lado hay suelos que son buenos conductores de la electricidad como los suelos húmedos.

Para conocer que tan buen conductor de la electricidad es el suelo, es necesario conocer su resistividad ó resistencia específica, las rocas, la arena y suelos secos tienen una alta resistividad es decir no conducen la electricidad, los suelos con alto contenido de humedad tienen baja resistividad.

### 5.2 Resistividad del suelo.

<sup>5</sup>La resistividad también conocida como resistencia específica, es la propiedad que tiene el suelo para conducir electricidad, la cual está determinada por el tipo de suelo, el contenido de humedad del mismo, su composición química y la temperatura entre otros factores.

### RESISTIVIDAD DE DISTINTOS TERRENOS

TERRENO	Resistencia Electrodos de 1.5m x 15.8 mm.			Resistividad (Ohms - metro)		
	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
Terraplén, ceniza, escoria.....	140	3.5	41	23.70	5.90	70
Arcilla, tierra....	24	2	98	40.60	3.40	163
Graba, arena.....	554	35	2700	940	590	4580

<sup>5</sup> Datos proporcionados por proveedor LEC de México S.A. de C.V.

**EFFECTOS DE LA HUMEDAD SOBRE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO**

Grado de humedad %en peso	Resistividad (ohms - metro	
	Suelo superior	Tierra arenisca
0	Mayor que 107	Menor que 109
2.5	2.500	1.500
5	1.650	430
10	530	185
15	190	105
20	120	63
30	64	47

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO**

Tierra arenisca con 12.5% de humedad	
Temperatura grados centígrados	Resistividad ohms- metro
20	72
10	99
0 (agua)	138
0 (hielo)	300
- 5	790
- 15E	3300

**CALIDADES DE LAS TOMAS DE TIERRA.**

Resistencia en ohmios	Calidad alta tensión	Calidad baja tensión
Menos de 1	Excelente	Excelente
Entre 1 y 5	Muy buena	Buena
Entre 5 y 10	Buena	Aceptable
Entre 10 y 15	Aceptable	Regular
Entre 15 y 20	Regular	Mala
Más de 20	Mala	Mala

Como se a planteado el verdadero objetivo es la disminución de la resistencia de las puestas a tierra para proteger a las personas y equipos e instalaciones eléctricas y por ello trataremos el siguiente tema:

## MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Aparte de los procedimientos clásicos ya conocidos, como carbón vegetal o carbonilla, que fueran reemplazados por su acción corrosiva sobre los electrodos de cobre, por el grafito en polvo o también cuando era posible el cambio de la naturaleza del terreno circundante, por otro de características resistivas más adecuadas, han aparecidos estos últimos tiempos nuevos procedimientos de los cuales daremos solo una reseña de los 3 más importantes. Dichos tratamientos son los siguientes:

- 1.- El denominado método "Sanick"
- 2.- Inyección de solución de bentonita
- 3.- procedimiento con resinas sintéticas

### MÉTODO SANICK

Con el objetivo de disminuir la resistencia de tierra como también el número de dispersores especialmente cuando el espacio a disposiciones es limitado se puede recurrir al tratamiento del electrodo de puesta a tierra, con el método de sanick cuyo principio se ilustra a continuación:

En terrenos constituidos de arena, pedroso, roca, particularmente secos, la ejecución de una buena toma de tierra constituye un problema difícil y de costosa solución.

El método del tratamiento químico, de los electrodos de tierra, fue introducido hace años por el químico Sueco Sanick, después de numerosos experimentos, que se efectuaron en el Real Instituto Tecnológico de Estocolmo.

El procedimiento se llama justamente " Método de Sanick " y ha obtenido la licencia en los principales países del mundo.

El mismo consiste e irrigar el terreno alrededor de la toma de tierra, con dos soluciones salinas, que reaccionando entre ellas, producen un precipitado en forma de GEL estable, este tiene una elevada conductividad eléctrica, es insoluble en el agua y no es atacado por los ácidos contenidos en el terreno teniendo también cualidades higroscópicas notables.

La masa gelatinosa así formada, se distribuye en el suelo con numerosas ramificaciones capilares, de modo que puede absorber grandes cantidades de agua.

La superficie de contacto del electrodo con el terreno, resulta muy aumentada y por lo tanto se obtiene así una reducción en el valor de resistencia a tierra.

Tales valores, son a parte constantes en el tiempo porque la toma de tierra así tratada, es menos influenciada por las variaciones estacionales.

El método Sanick se puede aplicar fácilmente sea a las tomas nuevas o a aquellas existentes y a cualquier forma de electrodos, ( cilíndrico, lleno, tubular, placa, conductores, etc.) exceptuando los posos tubulares ubicados en las faldas o napas freáticas.

Las primeras practicas en el terreno, fueron iniciadas en el año 1949; Desde ese tiempo hasta ahora se han efectuado verificaciones periódicas de las resistencias de las tomas de

tierra y se ha encontrado que las mediciones de las tomas han dado resultados que coinciden prácticamente con aquellos obtenidos en las pruebas del laboratorio del Instituto Tecnológico de Estocolmo.

A continuación se muestra una tabla donde se dan las mediciones de algunas pruebas efectuadas en Suecia y América; sea bajo tensión constante a impulso.

A igualdad de condiciones, la reducción relativa de la resistencia de tierra después del tratamiento, es tanto mayor cuando es más elevada la resistencia inicial por lo tanto el mejor resultado se obtiene en los terrenos más difíciles.

De los resultados obtenidos, después de varias pruebas a través de diversos años, se deduce que con el tratamiento Sanick Gel, se obtienen reducciones que van del 25% al 80% y aun más también se ha demostrado, que se puede obtener una notable reducción de las tensiones de contacto y de paso. Tratando el terreno de la subestación intertemperie con el método Sanick.

#### RESULTADO DE LAS PRUEBAS EFECTUADAS SOBRE TERRENO TRATADO CON MÉTODO SANICK.

NO.	DURACIÓN DE LA PRUEBA	REDUCCIÓN PORCENTUAL	NATURALEZA DEL TERRENO	TIPO DE ELECTRODO
1	3 AÑOS	55%	Arcilla	No definido
2	3 AÑOS	70%-80%	Terreno arenoso	No definido
3	No precisado	65%	Terreno arenoso	Conductores múltiples diam. 1.97 mm.
4	No precisado	75%	Terreno arenoso	Tubos de hierro de ¼ longitud 2m.

#### RESULTADOS DE PRUEBAS SOBRE EL TERRENO TRATADO CON EL MÉTODO SANICK EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

Naturaleza del terreno	Resistencia inicial ohms	electrodo	Resistencia relativa %				
			Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después de 1 año	Después de 2 años	Después de 4 años
Arena mezclada con humus y arcilla	100	A	100	50	115	115	100
	225	B	100		56	58	52
Profundo strato de arena pura	6300	A	100	3.25	144	160	200
	6000	B	100		1.56	16	19

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

A electrodo no tratado (tubo de hierro de  $\frac{3}{4}$ " , longitud 2 m )

B electrodo tratado ( tubo de hierro de  $\frac{3}{4}$ " , longitud 2 m )

Así los valores de las tensiones de contacto de cerca del 10-15% respecto a la tensión de la red, se han pasado a valores de cerca del 2-4% para el terreno tratado.

Estos valores se pueden aun reducir aumentando la cantidad de Gel por metro cuadrado. También cuando se deban colocar electrodos múltiples en paralelo se pueden reducir a la mitad, con el tratamiento " Sanick" para igual resistencia.

Por último diremos que la medida de la resistencia de las tomas de tierra tratadas con el método de sanick hechas inmediatamente después del tratamiento muestran la mejoría obtenida, pero los valores finales de las mismas se consiguen después de algunos meses; este tiempo varía, según la naturaleza del terreno y la estación del año, en la cual se ha efectuado el tratamiento.

### **MÉTODO PARA EL MEJORAMIENTO DE PUESTAS A TIERRA, MEDIANTE EL EMPLEO DE BENTONITA.**

Este método se puede utilizar tanto en el mejoramiento de puestas a tierra ( de instalaciones en servicio), construidas con los métodos convencionales y cuyos valores de resistencia no sean satisfactorios (>10 ohms ), o en la construcción de puestas a tierra para instalaciones nuevas y en las cuales no se puedan aplicar los métodos normales.

Como sabemos existen terrenos de alta resistividad, tales como zonas rocosas, arenosas o volcánicas con valores de 3000 a 100,000 ohms- metro, o más, que hacen muy difícil, por no decir imposible, obtener valores satisfactorios de la resistencia de una puesta a tierra.

Como una guía para el mejor entendimiento empezaremos por hablar de las propiedades de la bentonita así como su composición

Geológicamente, la bentonita es un mineral compuesto fundamentalmente de arcilla. su composición química es compleja y distinta para cada tipo de bentonita

Como ejemplo, se indica a continuación la composición aproximada del tipo de bentonita húngara denominada Band:

Montmorillonita	70%
Ilita	10%
Cuarzo	8%
Caolin	5%

Como se observa, el componente principal de la bentonita es Montmorillonita compuesta a su vez de hidrosilicatos de aluminio este es el elemento que fija las cualidades principales de la Bentonita.

Es conocido que la estructura cristalina de la montmorillonita, esta formada por tres planos de mallas. Estos planos elementales, se superponen paralelamente y forman una especie de tejidos de capas. Entre estos tejidos de capas hay espacios vacíos, llamados huecos inter

cristalinos. Estos huecos tienen la propiedad de absorber diversas sustancias, en especial agua.

Esta representa una propiedad muy importante de la bentonita, su facilidad inter cristalina de dilatación.

Otra propiedad muy importante de la montmorillonita, es la permeabilidad de los poros y espacios inter cristalinos.

Con la absorción de la humedad, cambia el volumen y la forma exterior de las partículas. Este aumento de volumen disminuye la permeabilidad de los poros de modo que se retiene la humedad por la estructura cristalina así formada.

En otro orden de cosas, diremos que las partículas de los componentes de la Bentonita, tienen generalmente tamaños inferiores a 500  $\mu\text{m}$ . Debido a este tamaño tan pequeño, las bentonitas se pueden considerar como coloides naturales, con grandes superficies exteriores de las partículas.

Estas grandes superficies son la base de la gran energía de absorción y adhesión de las bentonitas.

#### Clases de Bentonitas

Las bentonitas se dividen en dos grandes grupos: bentonitas alcalinas y bentonitas terreo alcalinas (Ca y Mg). Las más apropiadas para objetivos eléctricos son las bentonitas alcalinas pero sin embargo son más frecuentes en la naturaleza las bentonitas terreo-alcalinas.

Con el objeto de aprovechar las características fundamentales de ambas bentonitas se puede transformar las bentonitas de Ca y Mg en bentonitas alcalinas, generalmente bentonitas sódicas.

Esta transformación es importante ya que las bentonitas terreo-alcalinas, tienen poca capacidad de absorber el agua y por lo tanto la propiedad de formar películas es insuficientes.

La capacidad de inter cambiabilidad de un tipo de ion (cationes), es la cantidad en mg (miligramos) dividido por su peso equivalente referido a 100 gramos (en este caso de bentonita) se indica en mg. A eq/100 gramos:

### 5.3 Medición de la resistividad.

#### 5.3.1 Método de Wenner.

Para efectuar la medición de resistividad del suelo es necesario hacer circular una corriente por el mismo, el método más usual es el de Frank-Wenner denominado también "de los cuatro puntos", el equipo de medición utilizado es megger de tierra y la medición se efectúa como se muestra en la Fig.

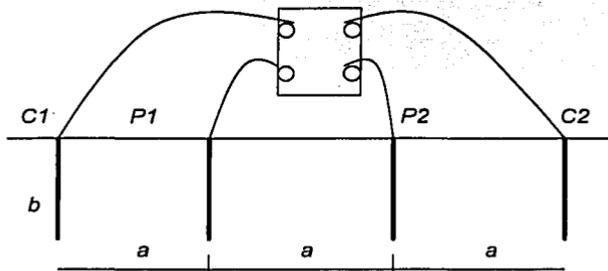


Fig. 5.3.1 Método de Wenner o de los 4 electrodos.

a = Separación entre electrodos en metros.

b = profundidad.

R = Lectura de megger en Ohms

Se recomienda una relación:

$$a/b > 20$$

Donde "b" es generalmente de 50 cm. Y "a" de 10 metros.

Entonces la resistividad será:

$$\rho = 2\pi aR$$

Nota:

Se deben efectuar varias mediciones dependiendo del tamaño del terreno.

El método de Wenner a pesar de que se publicó en el año de 1915 continúa vigente, y los métodos diferentes para medir la resistividad que se han desarrollado se basan en su teoría.

Cabe aclarar que este método es para un suelo homogéneo, esto quiere decir que cuando el suelo es de una sola capa se pueden efectuar mediciones de resistividad con diferentes separaciones de electrodos y el valor de resistividad será el mismo.

Si el suelo es heterogéneo, es decir, cambia sus propiedades a cierta profundidad en dos o más capas entonces la medición de resistividad cambiará con la separación de los electrodos.

### 5.3.2 Método de lee.

Consiste en enterrar cinco electrodos como se muestra en la figura 2, en la medición solo se utilizan cuatro, circulando una corriente en los extremos y midiendo la caída de potencial en A y B ó en B y C, la resistividad estará dada por:

$$\rho = 4\pi aR$$

$$\rho = 4\pi aR$$

$$\text{de A-B}$$

$$\text{de B-C}$$

Tiene la ventaja de poder efectuar dos mediciones y si los resultados difieren el suelo no es homogéneo en la parte superficial.

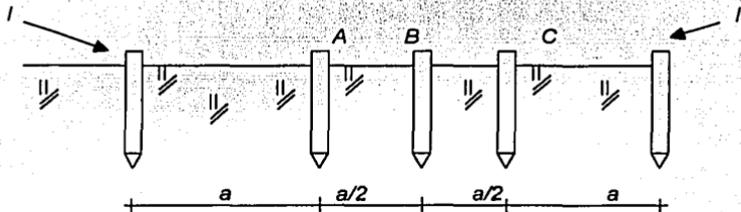


Fig. 5.3.2. Método de Lee.

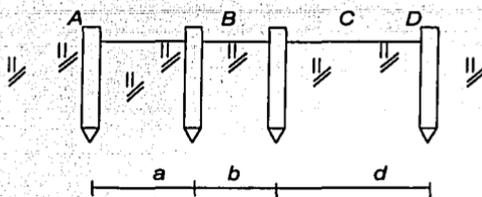
### 5.3.3 Método del electrodo central.

Es una variante del método de Wenner y si hay que efectuar varias mediciones solo se mueven dos electrodos, mientras que en el de Wenner se mueven los cuatro, la resistividad estará dada por:

$$\rho = 2\pi a(a+b)R/b$$

El arreglo se muestra en la Fig.5.3.3.

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



**Fig. 5.3.3 Método del electrodo central.**

En la configuración de Wenner el arreglo de electrodos usual se basa en circular una corriente por los extremos midiendo un potencial en los electrodos centrales (C P P C), sin embargo se puede tener otro arreglo de electrodos como se muestra en la siguiente tabla.

ARREGLO DE ELECTRODOS	FORMULA DE RESISTIVIDAD
CPPC PCCP	$\rho = 2\pi aR1$
CCPP PPCC	$\rho = 6\pi aR2$
CPCP PCPC	$\rho = 3\pi aR3$

### **5.4 Resistencia a tierra.**

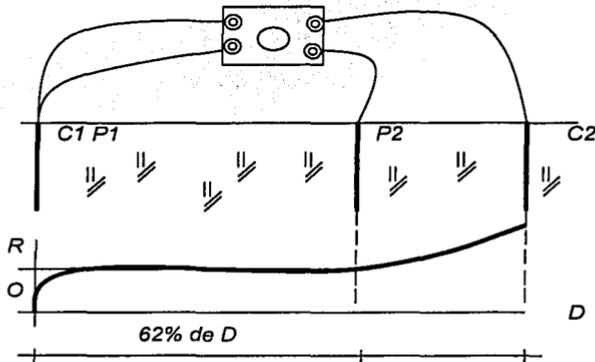
El suelo es un conductor eléctrico y su conductividad es baja comparada con los metales que son buenos conductores.

La resistencia a tierra de un electrodo está dada por la suma de varias resistencias; la de contacto en las conexiones, las propias del electrodo, la del electrodo y el medio que lo rodea y por último la que presenta el terreno, de todos éstos factores solo la que presenta el terreno es apreciable ya que las tres primeras son muy bajas en comparación.

#### **5.4.1 Medición de resistencia a tierra.**

El método aquí descrito es el de "la caída de tensión".

Consiste en circular una corriente entre dos electrodos fijos, uno auxiliar (C2) y el otro el de prueba (C1), midiendo la caída de tensión entre otro electrodo auxiliar (P2) y el electrodo bajo medición (P1), este segundo electrodo auxiliar se va desplazando y conforme se mueve se van tomando lecturas y graficando hasta obtener una figura como la siguiente:



**Fig. 5.4.1. Método de la caída de tensión.**

El valor de resistencia a tierra de la red es el que se obtiene en la intersección del eje de resistencia (R) con la parte paralela de la gráfica la eje de las distancias (D).

Si la curva no presenta un tramo paralelo, quiere decir que la distancia escogida no es suficiente.

Actualmente se encuentran equipo de medición que solo traen tres bornes de prueba, con cables calibrados a cierta distancia y se conectan de la siguiente manera; verde al electrodo de prueba (C1 P1), amarillo al electrodo auxiliar (P2) y rojo al electrodo auxiliar (C2).

Este método ha sido probado con éxito en sistemas de tierra muy grandes como los es el de la central nuclear de Laguna verde. Consiste en colocar el electrodo auxiliar (P'') a 62% de la distancia en que se encuentra (C2)

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

La lectura en estos casos es directa. En los casos en que el electrodo bajo prueba se encuentra conectado de alguna forma al hilo de guarda, será necesario desconectarlo para efectuar la medición, aunque existen equipos que no requieren de esto, pero su costo es elevado y solo se justifica cuando se mide la resistencia a tierra de las torres de líneas de transmisión.

### **5.5. Definiciones**

#### **5.5.1 Resistencia eléctrica del cuerpo humano**

Es la resistencia eléctrica medida entre extremidades, esto es, entre una mano y ambos pies o entre ambas manos.

#### **5.5.2 Elevación del potencial de tierra (gpr)**

Es el potencial eléctrico máximo que una malla de tierra de una subestación puede alcanzar con relación a un punto de tierra distante, asumiendo que esté al potencial de la tierra remota. Este potencial GRP es igual a la corriente máxima de red multiplicada por la resistencia de la malla.

#### **5.5.3 Tensión de malla (vm).**

La máxima tensión de contacto dentro de una malla de tierras.

#### **5.5.4 Tensión de paso (vp)**

Es la diferencia de potencial superficial que puede experimentar una persona con los pies separados a 1 metro de distancia y sin hacer contacto con algún objeto aterrizado.

#### **5.5.5 Tensión de contacto (vc).**

Es la diferencia de potencial entre la elevación del potencial de tierra (GPR) y el potencial superficial en el punto en donde una persona está parada mientras al mismo tiempo tiene una mano en contacto con una estructura aterrizada.

### **5.6 Diseño del sistema de tierra.**

#### **5.6.1 General.**

Las plantas y subestaciones deben tener un adecuado sistema de tierra al cual se conectan todos los elementos de la instalación que requieran la conexión para:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de la corriente a tierra, ya sean debidas a una falla a tierra del sistema, o a la propia operación de algunos equipos.
- b) Evitar que durante la circulación de corrientes de falla a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la planta o subestación (ya sea sobre el piso o con respecto a partes metálicas puestas a tierra) que puedan ser peligrosas para

el personal, considerando que las tensiones máximas tolerables por el cuerpo humano deben ser mayores que las tensiones que puedan llegar a producirse en la malla.

- c) Facilitar la operación de los dispositivos de protección adecuados para la eliminación de fallas a tierra.
- d) Proporcionar una referencia para los sistemas eléctricos conectados en estrella y así evitar sobretensiones.
- e) Dar mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.

Los elementos principales del sistema de tierra son:

- a) Red o malla de conductores enterrados, a una profundidad que usualmente varía de 0.50 a 1.0 m, tomando en cuenta la profundidad de la capa de menor resistividad. Sin embargo hay que considerar que la malla de tierra puede llegar a tener una profundidad límite de 2.5m dependiendo del tipo de terreno que se trate.
- b) Electrodo o varillas de tierra conectados a la malla de conductores y enterrados a la profundidad necesaria para obtener el mínimo valor de resistencia a tierra.
- c) Conductores de puesta a tierra, a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de la instalación o del equipo.
- d) Conectores que pueden ser mecánicos, a compresión y soldables.

### **5.6.2 Disposición física.**

El cable que forme el perímetro exterior de la malla debe ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo de la central, con ello se evitan altas concentraciones de corriente y gradientes de potencial en el área y las terminales cercanas.

La malla debe estar constituida por cables colocados paralela y perpendicularmente, con un espaciado conforme al cálculo del diseño de la red de tierra.

Los cables que forman la malla deben colocarse preferentemente a lo largo de las hileras de estructuras o equipos para facilitar la conexión a tierra de los mismos.

En cada cruce de conductores de la malla, éstos deben conectarse rígidamente mediante conectores soldables y en los puntos adecuados conectarse a varillas para tierra cuya longitud mínima es de 3.05 m, clavadas verticalmente (como mínimo en las esquinas de la malla).

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

Deben construirse registros cómo mínimo en los vértices de la malla. En el caso de plantas hidroeléctricas, de la malla principal de la zona del desfogue, subirán cables para conectarse al cable que rodeará cada piso de la casa de maquinas embebido en el concreto, empleando los muros, dejando los registros correspondientes a lo largo y ancho de la casa de máquinas, para de estos sacar derivaciones o conexiones a cada equipo.

Las estructuras (llámese de la planta, subestación o central telefónica), así como las partes metálicas y equipos deben estar conectadas a tierra para evitar accidentes.

En general la malla principal de la red de tierra debe estar a .060 bajo el nivel de piso terminado bajo en contacto directo con la roca.

### **5.6.3 Resistencia a tierra del sistema.**

Un adecuado sistema de tierras proporciona una baja resistencia a fin de minimizar la elevación del potencial de tierra con respecto a un punto remoto. Para plantas, subestaciones de plantas y subestaciones de transmisión, la resistencia a tierra es cerca de 1 ohm o menos. En subestaciones de distribución, el intervalo aceptable es de 1 hasta 5 ohms y de las centrales telefónicas Telmex menor a los 5 ohms dependiendo de las condiciones del lugar.

Durante la operación deben efectuarse pruebas en los registros, para comprobar que los valores del sistema de tierra se ajustan a los valores de diseño asimismo, repetir periódicamente estas pruebas y de preferencia en época de estiaje para comprobar que se conservan las condiciones originales a través del tiempo.

### **5.6.4 Criterios de diseño.**

Los dos principales objetivos que debe de cumplir el sistema de tierra de cualquier central telefónica, planta o subestación tanto en condiciones normales como en condiciones de falla, son:

- a) Asegurar que una persona que se encuentre en las cercanías de las plantas aterrizadas, no esté expuesta al peligro de descargas eléctricas críticas.
- b) Proporcionar un medio para disipar las corrientes eléctricas a tierra sin exceder cualquier límite de operación y de los equipos.

El procedimiento de diseño descrito se basa en obtener tensiones de paso y de contacto seguras, dentro e inmediatamente fuera del área de la malla.

Para mallas de tierra con espaciamentos iguales, la tensión de malla se

incrementará desde el centro hacia las esquinas. Esto será evitado cuando la malla sea asimétrica, tenga varilla para tierra, localizadas cerca del perímetro o tenga espaciamientos no uniformes de los conductores.

### **5.6.5 Procedimiento de diseño.**

**Paso 1:** Se debe tener un plano de localización para determinar el área que será aterrizada, obtener el valor de la resistividad del suelo, en base al procedimiento de los cuatro puntos también conocido como método de Wenner para determinar el perfil de resistividad del suelo.

**Paso 2:** Determinar la sección transversal del conductor, la corriente de falla debe ser la máxima corriente de falla esperada que será conducida por cualquier conductor del sistema de tierra, y el tiempo  $t_c$  deberá reflejar el tiempo máximo de liberación de la falla, incluyendo la protección de respaldo.

**Paso 3:** Determinar las tensiones de paso y de contacto máximas permisibles por el cuerpo humano, el tiempo de exposición de la falla debe ser el máximo tiempo hasta que la falla se libere, normalmente el intervalo de este valor es de .03 a 3 s.

**Paso 4:** Realizar el diseño preliminar que incluya un conductor cerrado, rodeando el área que será aterrizada, además los cruces deben ser los adecuados para proporcionar un acceso conveniente para la puesta a tierra de los equipos.

**Paso 5:** Estimar la resistencia preliminar del sistema de tierra considerando un suelo homogéneo. Para el diseño final se requiere de un cálculo exacto. El análisis computacional basado en el modelado de los componentes del sistema de tierra en detalle, permite calcular la resistencia con un alto grado de exactitud asumiendo que el modelo del suelo es seleccionado correctamente.

**Paso 6:** Determinar la corriente máxima de malla  $I_g$ . A fin de evitar un sobre dimensionamiento del sistema de tierra, se usa únicamente la porción de la corriente que fluye de la malla a la tierra remota. Sin embargo la corriente máxima de malla debe reflejar el peor tipo de falla y localización, el factor de decremento y cualquier expansión futura del sistema.

**Paso 7:** Calcular las tensiones de paso y de malla para el sistema de tierra propuesto.

**Paso 8:** Si la tensión de malla calculada es menor que la tensión de contacto tolerable por el cuerpo humano, el diseño puede darse por concluido. De no ser así el diseño tiene que ser revisado.

**Paso 9:** Si ambas, la tensión de paso y de malla calculadas con el diseño preliminar son menores que las tensiones de paso y contacto tolerables por el cuerpo humano, el diseño necesita únicamente proporcionar la puesta a tierra de los equipos.

**Paso 10:** Si alguna de las tensiones de paso o de contacto tolerables por el

### MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

cuerpo humano se exceden, se requiere que el diseño del sistema de tierra se revise. Esta revisión incluye incrementar el área para el sistema de tierra, espaciamientos más pequeños entre conductores y varillas para tierra adicionales.

Paso 11: Después de cumplir los requerimientos de que las tensiones de paso y de malla del diseño propuesto, sean menores que las tensiones de paso y de contacto tolerables por el cuerpo humano, se requieren conductores de puesta a tierra para los equipos y algunas varilla para tierra adicionales. Los conductores adicionales a la malla son requeridos cuando el diseño de la malla no incluye conductores cercanos al equipo que será aterrizado. Las varillas para tierra adicionales pueden ser requeridas en la base de los apartarrayos, neutro de los transformadores y otros equipos principales.

El diseño final debe revisarse con el fin de eliminar peligros debido a potenciales transferidos y otros peligros asociados.

#### **5.6.6 Formulas y tablas para cálculos y estimaciones del sistema propuesto.**

Toda la información Técnica esta basada en la NORMA ANSI/IEEE Std 80-1986 de SISTEMAS DE TIERRA.

##### **POTENCIA DE CORTO CIRCUITO TRIFÁSICO**

$$P_{\text{tnf}} = (P_{\text{trans}} / Z) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

$P_{\text{tnf}}$  = Potencia de corto circuito trifásico.  
 $P_{\text{trans}}$  = Potencia del transformador en MVA's.  
 $Z$  = Impedancia del transformador en por ciento.

##### **CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE FASE A TIERRA**

$$I_{1\phi} = P_{\text{TRIF}} \cdot S_f \cdot 1000 / (3 \cdot \text{KV}_{\text{LLS}}) \quad (2)$$

*Ecuación obtenida de STD-IEEE 242 REV. 1986.*

Donde:

$I_{1\phi}$  = Corriente de corto circuito de fase a tierra en amperes  
 $\text{KV}_{\text{LLS}}$  = Tensión entre líneas en el secundario del transformador.  
 $S_f$  = Factor de división de corriente

TABLA I

VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO	
TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD (ohm - m)
Tierra orgánica mojada	10
Suelo Húmedo	100
Suelo seco	1000
Concreto armado	3000
Cama rocosa	10000

TABLA II

VALORES TÍPICOS Df (FACTORES DE DECREMENTOS)		
Tiempo de duración de la falla	Ciclos 60Hz	Factor de decremento Df
0.008	0.5	1.65
0.1	6	1.25
0.25	15	1.1
0.5 ó más	30 ó más	1

Referencia: ANSI / IEEE Std 80-1986.

Factor de Decremento. Este factor se produce por el desplazamiento de la componente de C-D y por atenuación de las componentes transitorias de C-A y C-D de la corriente de falla.

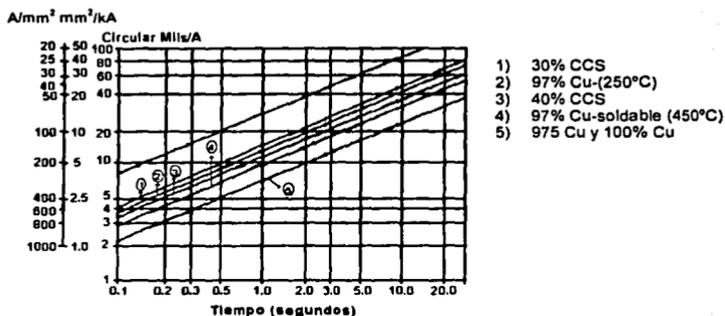
Calibre mínimos de Conductor por unidad  
(cmils/A)

TABLA III

Tiempo de Falla (seg)	Cobre 100 %	Cobre 97 %	• CCS 40 %	• CCS 30 %	Cobre 97 % / Límite de Temperatura	
					450°C	250°C
					30	38.4
4	14	14.2	20.8	24	18.7	23.5
1	7	7.1	10.4	12	9.3	11.8
0.5	4.9	5	7.4	8.5	6.6	8.3

Referencia: ANSI / IEEE Std 80-1986.

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS



GRAFICA 1

### CORRIENTE MÁXIMA DE FALLA

$$I_0 = CP \cdot Df \cdot I$$

Donde :

$I_0$  = Corriente máxima de la red en A.

$Df$  = Factor de decremento para la duración de la falla.

$CP$  = Factor de proyección que toma en cuenta los incrementos relativos de la corriente de falla a lo largo de la vida útil de la instalación aun cuando no existieran incrementos en la corriente de falla.

$I$  = Corriente simétrica (valor rms) de malla en Ampers

### ÁREA DEL CONDUCTOR REQUERIDO

$$A = I_0 \cdot Cf$$

Donde :

$A$  = Área del conductor requerido.

$I_0$  = Corriente máxima de falla.

$Cf$  = Constante de punto de unión por temperatura de los conductores de la malla (ver gráfica 1).

**FACTOR DE REFLEXIÓN**

Factor de reflexión.- Es un factor que define la reflexión de corriente en dos capas de terreno de diferentes valores de resistividad.

$$K = \rho_0 - \rho / (\rho_0 + \rho)$$

Donde:

K= Factor de Reflexión.

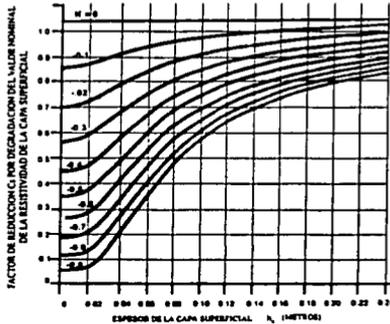
$\rho_0$  = Resistencia del concreto  $\Omega$ - m

$\rho$  = Resistividad del terreno  $\Omega$ - m

**FACTOR DE REDUCCIÓN**

Factor de reducción.- Para corregir el valor nominal de la resistividad de la capa superficial, este factor es determinado como sigue:

Se toma el valor 1, cuando la resistividad superficial es igual a la resistividad del terreno.



**GRAFICA II**

Factor de reducción  $C_s$  como una función del factor de reflexión  $K$  y el espesor de grava  $h$ ,

**POTENCIAL DE PASO**

Potencial de paso.- Es el potencial que puede soportar una persona que se encuentra parada o caminando cerca del lugar de la falla.

### MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

$$E_{50Kg} = (1000 + 6 C_s \rho_o) \cdot (0.157 / \sqrt{t})$$

$$E_{50Kg} = (1000 + 6 C_s \rho_o) \cdot (0.116 / \sqrt{t})$$

Donde:

$E_s$  = Voltaje de contacto para una persona de 50 Kg ó 70 Kg de peso según sea el caso.

$\rho_o$  = Resistividad de material de la capa superficial, en  $\Omega$  - m.

$t$  = Duración de la corriente de falla en segundos.

$C_s$  = Factor de reducción por degradación del valor nominal de la resistividad de la capa superficial (ver gráfica 2)

#### POTENCIAL DE CONTACTO PERMITIDO.

Potencial de contacto.- Este potencial se presenta cuando se toca una estructura por la cual circula una corriente de falla.

$$E_{f50Kg} = (1000 + 1.5 \cdot C_s \cdot \rho_o) \cdot ((0.116) / \sqrt{t})$$

$$E_{f70Kg} = (1000 + 1.5 \cdot C_s \cdot \rho_o) \cdot ((0.157) / \sqrt{t})$$

#### LONGITUD TOTAL DEL CONDUCTOR ( $L_c$ )

Donde:  $L_c = (L_s \cdot n_a) + (n_b \cdot A_s)$

$L_s$  = Longitud del área.

$n_a$  = Número de conductores horizontales.

$n_b$  = Número de conductores verticales.

$A_s$  = Ancho del área.

#### LONGITUD DE LAS VARILLAS. ( $L_r$ ).

$$L_r = N_v \cdot L_v$$

Donde:

$L_r$  = Longitud de la varilla.

$N_v$  = Número de varillas a considerar.

$L_v$  = Longitud de las varillas.

#### LONGITUD DE LA MALLA PERIMETRAL ( $L_m$ ).

$$L_m = L_c + (1.15 \cdot L_r)$$

Donde:

$L_m$  = Longitud de la malla perimetral incluyendo varillas de tierra.  
 $L_c$  = Longitud total del conductor.  
 $L_r$  = Longitud de las varillas.

**FACTOR DE CORRECCIÓN DE CARGA.**

$$K_h = \sqrt{1 + (h / h_o)} \quad (11)$$

Donde:

$K_h$  = Factor de corrección de la carga.  
 $h$  = Profundidad de la malla.  
 $h_o$  = Profundidad de la malla, referencia 1 m.

**NUMERO DE CONDUCTORES EN LA MISMA DIRECCIÓN**

$$n = \sqrt{n_a * n_b} \quad (12)$$

Donde:

$n$  = Número total de conductores en la misma dirección.  
 $n_a$  = Número de conductores horizontales  
 $n_b$  = Número de conductores verticales.

**FACTOR DE ESPACIAMIENTO DEL VOLTAJE DE MALLA**

$$K_m = 1 / (2\pi) * \left[ \ln ( D^2 / (16hd) ) + (D + 2h)^2 / 8Dd - h/4d ) + (K_w/K_h) * \ln 8 / \pi (2n-1) \right] \quad (13)$$

Donde:

$K_m$  = Factor de espaciamento del voltaje de la malla.  
 $D$  = Separación entre conductores en metros.  
 $d$  = Diámetro del conductor de la malla en metros.  
 $h$  = Profundidad de la red.  
 $n$  = Número de conductores paralelos.

**FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA MALLA.**

$$K_i = 0.656 + ( 0.172 * n ) \quad (14)$$

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

Donde:

Ki = Factor de corrección de la geometría de la malla.  
n = Número total de conductores en la misma dirección.

### POTENCIAL DE CONTACTO CALCULADO

$$E_{tm} = \rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g / L_m \quad (15)$$

Donde:

E<sub>tm</sub> = Potencial de contacto.  
ρ = Resistividad del terreno.  
K<sub>m</sub> = Factor de espaciamiento del voltaje de la malla.  
K<sub>i</sub> = Factor de corrección de la geometría de la malla.  
I<sub>g</sub> = Corriente máxima de falla.  
L<sub>m</sub> = Longitud de la malla.

### FACTOR DE ESPACIAMIENTO DEL VOLTAJE DE PASO

$$K_s = 1 / \sqrt{\left[ (1 / (2 \cdot h)) + (1 / (D + h)) + (1 / D) \cdot (1 - 0.5 n)^2 \right]} \quad (16)$$

Donde:

K<sub>s</sub> = Factor de espaciamiento del voltaje de paso.  
h = Profundidad de la malla.  
D = Separación entre conductores en metros.

### POTENCIAL DE PASO CALCULADO

$$E_{sm} = (\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g) \quad (17)$$

Donde:

ρ = Resistividad del terreno.  
K<sub>s</sub> = Factor de espaciamiento del voltaje de paso.  
K<sub>i</sub> = Factor de corrección de la geometría de la malla.  
I<sub>g</sub> = Corriente máxima de falla.  
L = Longitud total del conductor de la malla.

### LONGITUD DEL CONDUCTOR POR CALCULO

$$L = (K_m \cdot K_i \cdot \rho_o \cdot I_g \cdot \sqrt{t}) / (157 + 0.235 \cdot C_s \cdot \rho_o) \quad (18)$$

Donde:

K<sub>m</sub> = Factor de espaciamiento del voltaje de la malla.  
K<sub>i</sub> = Factor de corrección de la geometría de la malla.  
ρ<sub>o</sub> = Resistencia del concreto Ω-m

$\rho$  = Resistividad del terreno  $\Omega$ - m  
 $I_g$  = Corriente máxima de falla.

$t$  = Tiempo de duración de la falla.

#### RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS CALCULADO

$$R_g = \rho \left[ \left( \frac{1}{L_m} + \frac{1}{\sqrt{(20 \cdot A)}} \right) \left( 1 + \frac{1}{(1 + \sqrt{(20/A)})} \right) \right] \quad (19)$$

Donde:

$R_g$  = Resistencia del sistema de tierras calculado.

$\rho$  = Resistividad del terreno  $\Omega$ - m  
 $L_m$  = Longitud de la malla.  
 $A$  = Area de la malla.

#### PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA EN TERRENO DE ALTA RESISTIVIDAD.

Básicamente el procedimiento del mejoramiento de puesta a tierra consiste en rellenar las grietas naturales, aberturas y huecos libres que existen en el terreno, mediante una masa que envuelve las partículas del mismo y los une eléctricamente, formando una gran superficie, buena conductora de la electricidad.

Si el terreno no presenta grietas o huecos naturales, es necesario producirlos artificialmente en las proximidades de la puesta a tierra. Estas grietas pueden producirse mediante pequeñas explosiones que no afecten la resistencia mecánica del terreno.

Con esto se producen fisuras capilares en la roca, como consecuencia de la onda de choque producida y además por el propio sacudon que simultáneamente es generado.

Como masa de relleno y unión se utiliza Bentonita, que como sabemos es una sustancia conductora de la electricidad y que además es protectora de las puestas a tierra de naturaleza metálica contra la corrosión del terreno.

El procedimiento a utilizar con la Bentonita es valido para cualquier tipo de construcción de puesta a tierra, sin considerar el grado de mecanización de su ejecución.

Se puede aplicar así a puestas a tierra con zanjas hechas a mano, como también en las construidas con maquinaria especial cualquiera que sea el tipo de terreno, se usa la misma sustancia y prácticamente las normas para su uso, son siempre las mismas.

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

MÉTODO III EL EFECTO DE LOS NUEVOS TRATAMIENTOS DE LOS ELECTRODOS DE TIERRA, POR INTERMEDIO DE RESINAS SINTÉTICAS CON EL OBJETO DE DISMINUIR SU RESISTENCIA.

El sector de la tecnología de las comunicaciones y de los sistemas eléctricos de potencia, es de gran importancia la disminución de la resistencia a tierra, por intermedio del tratamiento de los electrodos de tierra, seleccionando el mejor lugar de su instalación y ubicando electrodos de tierra en paralelo o por buen tratamiento del suelo que circunda el electrodo.

Explicación teórica de la reducción de la resistencia de tierra empleando el tratamiento químico del suelo.

### CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS

DISEÑO DE ATERRIZAJES CONVENCIONALES (SISTEMA DE TIERRA FÍSICA).

CALCULO DE LA RESISTENCIA DE UN ELECTRODO QUÍMICO (CHEM-ROD)

FÓRMULA CONDENSADA PARA EL CALCULO:

$$R_{CR-X} = A + (B \times \rho)$$

Donde:

A = Constante para 100% GAF, calculado para la formula.

B = Constante para los electrodos, calculado para la formula.

r = Resistividad del terreno (W-m)

CR-X = Largo del electrodo con determinado cilindro crítico.

Para este caso:

A = (Ver tabla 1; electrodo químico con GAF).  
B = (Ver tabla 1; electrodo químico con GAF).  
r = W-m

Para este caso utilizaremos electrodos Químicos de 4' de largo y un diámetro de 2.5", así como un cilindro crítico de 12".

#N/A

4

Sustituyendo estos valores en la ec. 1, tenemos:

$$R_{CR-X} = A + (B \times \rho) \quad \text{Ec. (1)}$$

$$R_{CR-X} = 10 + (15 \times 10)$$

Por lo que se requieren varios electrodos químicos para que el sistema sea más eficiente.

## FORMULA PARA EL CALCULO DE ELECTRODOS MÚLTIPLES.

$$R_o = \frac{R_1 K}{N} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

$R_o$  = Resistencia que requiere el equipo ó sistema. [W]

K = Constante de combinación tomada de tablas.

N = Número de electrodos.

TABLA 1<sup>6</sup>

LARGO EN PIES	CILINDRO CRITICO F EN PLG	VARILLA CONVENCIONAL DE 3/4"				ELECTRODO QUÍMICO CHEM-ROD			
		CON GAF		SIN GAF		CON GAF		SIN GAF	
		A	B	A	B	A	B	A	B
4	6					0.0400	0.0610		
4	12					0.0460	0.0530		
4	24					0.0610	0.0360		
4	48					0.0770	0.0160		
6	6	0.1859	0.2840	0.0000	0.5163	0.0293	0.0448	0.0000	0.0814
6	12	0.2148	0.2478	0.0000	0.5163	0.0339	0.0391	0.0000	0.0814
6	24	0.2809	0.1652	0.0000	0.5163	0.0443	0.0260	0.0000	0.0814
6	48	0.3552	0.0723	0.0000	0.5163	0.0560	0.0114	0.0000	0.0814
8	6	0.1462	0.2233	0.0000	0.4060	0.0233	0.0357	0.0000	0.0648
8	12	0.1689	0.1949	0.0000	0.4060	0.0270	0.0311	0.0000	0.0648
8	24	0.2209	0.1299	0.0000	0.4060	0.0353	0.0207	0.0000	0.0648
8	48	0.2793	0.0568	0.0000	0.4060	0.0446	0.0091	0.0000	0.0648
10	6	0.1211	0.1850	0.0000	0.3365	0.0195	0.0298	0.0000	0.0542
10	12	0.1400	0.1615	0.0000	0.3365	0.0225	0.0260	0.0000	0.0542
10	24	0.1830	0.1077	0.0000	0.3365	0.0295	0.0173	0.0000	0.0542
10	48	0.2315	0.0471	0.0000	0.3365	0.0373	0.0076	0.0000	0.0542

<sup>6</sup> Ibidem.

## 6.0 Calculo de Malla para Centrales Telefónicas.

**. 6.0 CALCULO DE LA MALLA PARA CENTRALES****MEMORIA TECNICA PARA EL CALCULO.**

Calculo en base a la Norma ANSI - IEEE 80 - 1986

Datos del transformador

Potencia	KVA	750
Impedancia	%	6.410

Datos del Sistema:

Pot Cto Cto. Trifásica	MVA =	11.70	Ver Ec. 1
Tensión	KV =	0.22	

Factor de división de corriente	Sf =	0.3	
Corriente de Cto.Cto.fase a tierra	I =	5,318.39	A

Longitud del área	La =	6	m
Ancho del área	As =	0.5	m
Resistividad del terreno	$\rho$ =	8.04	Ohm - m

De acuerdo a los resultados del estudio respectivo.

Resistividad superficial	$\rho_o$ =	3,000.00	Ohm - m	Tabla 1
Profundidad de la red	h =	0.6	m	
Espesor de la capa final	hs =	0.2	m	

Tiempo de duración de la falla	t =	0.1	seg.	=	6	ciclos
			caso más desfavorable			

Longitud de las varillas	Lv =	3	m
No. de varillas a considerar	Nv =	3	pzas.

Factor de Decremento	Df =	1.25
Factor de Proyección	Cp =	1

Corriente máx. de Falla	Ig =	6,647.99	A	= I * Df * Cp	Ver Ec. 3
-------------------------	------	----------	---	---------------	-----------

Del punto 9.5 (p.69). considerando el caso critico en las uniones de la malla, se tiene una temp.de fusión de Tm = 450 °C.

En base a lo anterior y de la tabla 2 (p.68), se determina el área del conductor , en este caso se tiene :

Cf =	3.1	CM / A.	Grafica 1
------	-----	---------	-----------

Area del conductor requerido.	A = Ig * Cf	Amp.		Ver Ec. 4
	= 20,608.78	C.M.	Nota .- 1 mm2 = 1.960 KCM	
	= 20.61	K.C.M.	= 10.51 mm2	

Esto implica utilizar un calibre : **6 AWG** , el cual tiene una sección de **13.3 mm2**  
 Debido a que en la Norma de Telmex, se considera utilizar un conductor mínimo del **1/0 AWG**, además de que para nuestro caso este calibre cumple con lo requerido, consideraremos los datos de este último.

Área del conductor.	A =	104.86	K.C.M.	= 53.5 mm <sup>2</sup>
	diám =	0.00947	m	

Factor de Reflexión	K =	0.99	$\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho + \rho_2}$	Ver Ec. 5
---------------------	-----	------	-----------------------------------------	-----------

Factor de Reducción	Cs =	0.8		Ver gráfica 2
---------------------	------	-----	--	---------------

MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

Potencial de Paso Permitido  $E_s = 7,645.75$   $1000 \cdot 6C_s \cdot \rho \cdot \frac{0.157}{\sqrt{l}}$  Ver Ec. 8

potencial de Cto Permitido  $E_t = 2,283.80$   $1000 \cdot 1.5C_s \cdot \rho \cdot \frac{0.157}{\sqrt{l}}$  Ver Ec. 7

Separación entre cond's.  $D = 3.00$  m (en promedio)

No. de conductores horz.  $na = 2$

No. de conductores vert's.  $nb = 1$

Longitud tot. del conductor  $L_c = 12.50 = (L_s \cdot na) + (nb \cdot As)$  Ver Ec. 8

Longitud de las varillas  $L_r = 9 = N_v \cdot L_v$  Ver Ec. 9

Longitud de la malla perimet.  $L_m = 22.85$   $L_c + 1.15 L_r$  Ver Ec. 10

Constantes p/ Etm

$K_{II} = 1.00$  valor por norma (p. 113), de acuerdo a nuestro sistema.

$h_o = 1.00$  valor por norma (p. 113), de acuerdo a nuestro sistema.

$kh = 1.26$   $\sqrt{1+(h/h_o)}$  Ver Ec. 11

$n = 1.41$   $\sqrt{na \cdot nb}$  Ver Ec. 12

$K_m = 0.85$   $K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ L_n \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} \cdot \frac{h}{4d} \right) \cdot \frac{K_{II}}{K_h} \frac{L_n}{\pi(2n-1)} \right]$  Ver Ec. 13

$0.159 \left( L_n \left( \begin{matrix} 99.00 & 77.61 & -15.84 \\ 160.77 & & \end{matrix} \right) + 0.26 \right) + 0.79 \cdot 0.33$

$K_I = 0.90 = 0.656 + 0.172 n$  Ver Ec. 14

Pot. de Contacto calculado  $E_{tm} = 1,786.80 = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_I \cdot I_g}{L_m}$  Ver Ec. 15

Constantes p/ Esm

Nota.-  $n' = na$  ó  $nb$  (el mayor)

$n' = 2$

$n' - 2 = 0$

$K_s = 0.459 = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1-0.5^{n'^2}}{D} \right]$  Ver Ec. 16

$= 0.3183 \quad 0.833 \quad 0.278 \quad 0.333$

Pot. de Paso calculado  $E_{sm} = 967.85 = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_I \cdot I_g}{L_m}$  Ver Ec. 17

Longitud del cond. x calculo  $L = 17.91 = \frac{K_m \cdot K_I \cdot \rho \cdot I_g \sqrt{l}}{157 \cdot (0.235^2 C_s \rho)}$  Ver Ec. 18

Debe compararse: Calculado Permitido Cumple 2

Potencial de Contacto	$E_{tm} < E_t$	1,786.80	2,283.80	si
potencial de paso	$E_{sm} < E_s$	967.85	7,645.75	si
Longitud de la malla	$L < L_m$	17.91	22.85	si



$$R_g = r \left( \frac{1}{L_m} + \frac{1}{RAIZ(20 \cdot A)} \right) \cdot \left( 1 + \frac{1}{(1+h)RAIZ(20 \cdot A)} \right)$$

Ver Ec. 19

donde:

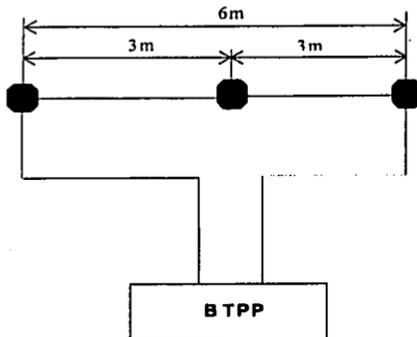
$L_m$  = Longitud de la malla

$A$  = Area de la malla

$h$  = Profundidad de la malla.

$$R_g = 1.80 \text{ ohms}$$

$R_g < 5 \text{ ohms}$ , por lo tanto cumple con la norma especificada por Telmex



CAPITULO 7  
CONCLUSIONES.

### Conclusiones

Los sistemas de tierra recientemente instalados en las diferentes centrales de Teléfonos de México tienen aplicación directa sobre los problemas para el que fueron diseñados.

Actualmente se utilizan para limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en los circuitos, contactos accidentales de mayor tensión así como limitar la diferencia de potencial la tierra del circuito durante su operación normal y se facilita la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente con las conexiones sólidas a tierra.

De hecho, también los dispositivos de protección contra sobretensiones, necesitan de una conexión a tierra para su correcta operación, dispositivos como los apartarrayos, el hilo de guarda, los cuernos de arqueo etc.

Los diseños de sistemas de tierra para mediana tensión se basan principalmente en evitar los potenciales peligrosos, mientras que los diseños de baja tensión, denominados, como tierra física, se basan en el valor de resistencia a tierra.

En este sentido de la resistencia a tierra en las normas actuales se encuentran ciertas contradicciones.

Por ejemplo: el reglamento de instalaciones eléctricas en el capítulo 2 de baja tensión solicita 25 Ohms como máximo de resistencia a tierra y en el capítulo 6 de subestaciones pide 10 a 1 ó lo más bajo posible.

Sin embargo a pesar de esto los fabricantes de computadoras exigen un Ohm máximo y los fabricantes de conmutadores 3 o 5 Ohms, y en el caso particular de Ericsson 10 Ohms, es decir, no hay un criterio unificado sobre el diseño del sistema de tierras.

Para complicar mas la situación no es lo mismo diseñar una red de tierras en terreno húmedo, que en terreno compuesto por roca.

Citando especialmente el caso de la central telefónica Santiago Papasquiario en Durango en donde el terreno rocoso obliga a que el costo sea muy elevado en todos los aspectos, a diferencia del primer caso.

La hipótesis, según la cual, modificando las técnicas de conexión a tierra y desarrollando los requisitos de una malla de tierras efectiva, se ha comprobado; reduciendo la impedancia en los equipos y proporcionando protección contra altas tensiones transitorias, descargas electrostáticas y disminución de ruido en los sistemas electrónicos.

### MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidencia que existen variaciones en los valores de resistencia de los electrodos de tierra, debido a las condiciones climatológicas.

Estas condiciones incluyen la temperatura, además de los otros factores mencionados con anterioridad; siendo necesario reiterar la atención para los valores más críticos como son los máximos obtenidos en época de estiaje para cada caso en particular, ya que valores mayores de los diseñados pueden ser causa de inseguridad o de baja confiabilidad de operación de los equipos de los diferentes sistemas.

**BIBLIOGRAFÍA.**

- 1.- Norma Oficial Mexicana NOM-001  
SEDE 1999 Instalaciones eléctricas (utilización)  
Secretaría de Energía.
- 2.- Norma Oficial de Emergencia .  
NOM.EM 001 SEMP- 1993.
- 3.- Los sistemas de protección contra descargas eléctricas naturales.  
Dr. Melchor Paz Herrera, Ingeniería Biomédica.  
IMSS Sept.77
- 4.- Instructivo de operación del medidor de tierra (Geohm 2).  
Sof-05-04, Marzo 1993.  
Telmex.
- 5.- Contrato de tecnología digital.  
1991 5/16, 10 ohms a tierra, Hojas 1/16.  
Ericsson.
- 6.- Manual de instalación para electrodos a tierra. E-6C  
Junio 1983.  
Matimsa.
- 7.- Norma Oficial Mexicana relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.  
NOM-001-SEMP-1994.
- 8.- Ingeniería de Puesta a Tierra.  
Miguel de la Vega Ortega.  
1998 Editorial Limusa. México D.F.  
1a. Edición.
- 9.- Diseño del sistema de tierra para plantas y subestaciones eléctricas.  
PROY-NRF-011-CFE-2001  
Comisión Federal de Electricidad.  
Version 1.0.
- 10.- Sistemas de tierra en redes de distribución.  
Guillermo López Monroy.  
Octubre de 1993.
- 11.- Norma y especificación del sistema de tierra para la planta de Teléfonos de México.  
Ref: TMX/N/XI/95/0003.  
Fecha: 26/06/95  
REV: B.

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

12.-Guías Técnicas de ingeniería e instalación para la puesta a tierra de centrales telefónicas de Telmex. REV B.

Ref: TMX/G/XI/95/0001.

Fecha: 30/05/96

REV: B.

13.-El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales.

Ing. Gilberto Enriquez Harper.

Editorial Limusa.

Sexta reimpresión 1993.

### **GLOSARIO.**

#### **ALAMBRE.**

Conductor eléctrico de cobre unifilar (de un solo hilo) rígido.

#### **APARTARRAYOS.**

Aparato o dispositivo que se emplea para proteger al equipo conectado a un circuito eléctrico, contra el efecto de sobretensión que se producen, tanto por descargas atmosféricas, como por la operación de interruptores o por otras causas de disturbios en el propio circuito.

#### **BARRA DE TIERRA DE PISO.**

Es una barra instalada en la central telefónica que referencia al punto principal de toma de tierra y la conductor igualador. Normalmente una de estas barras es suministrada en cada piso para permitir la puesta a tierra de estructuras metálicas, bastidores y plantas de fuerza, según se requiera.

#### **BARRA DE TIERRA DE PUNTO PRINCIPAL.**

Es una barra de tierra única, localizada cerca del suministro de corriente alterna generalmente en el sótano del edificio y sirve como punto central de conexión para los diversos conductores de tierra, tales como:

Cable Vertical.

Conductores de tierra de planta externa.

Colas de tierra de la malla.

#### **CABLE.**

Conductor eléctrico multifilar (de varios hilos) y flexible.

#### **CABLE VERTICAL.**

Es un conductor vertical principal, utilizado para obtener la referencia entre la barra de tierra de piso y el punto principal de la toma de tierra. El conductor debe ser continuo, extendiéndose a todo lo alto del edificio.

**CARGA ELECTROSTÁTICA.**

Carga eléctrica almacenada que se produce por frotamiento, ionización de las moléculas del aire, influencia, proximidad, magnetismo e inducción.

**CONDUCTOR ACTIVO.**

Conductor de circuito que normalmente tiene una diferencia de potencial con respecto a tierra.

**CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.**

Conductor que se usa para conectar a tierra, en el punto requerido, las cubiertas metálicas de los equipos, canalizaciones metálicas y otras partes metálicas no portadoras normalmente de corriente.

**CONEXIÓN.**

La unión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctrica, que sea capaz de conducir cualquier corriente que le sea impuesta.

**CORRIENTE DE FALLA.**

Corriente que aparece al momento de una falla de aislamiento.

**DIFERENCIA DE POTENCIAL.**

Es cuando dos o más estructuras metálicas no están referidas al mismo punto de tierra y se presenta entre ellas un voltaje.

**ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA.**

Consiste de una o más partes conductoras, generalmente varillas o placas enterradas en el suelo, con el propósito de hacer contacto eléctrico firme con la masa general de la tierra del lugar.

**ESCOTILLA.**

Paso de guías de onda del exterior al interior de la sala de radios.

**EQUIPO PERIFÉRICO.**

Son aquellos equipos asociados al funcionamiento de equipos telefónicos, como: sistemas de cómputo, fax, Codecs para videoconferencias, equipo electrónico de oficina y grabadoras de facturación, los cuales por lo general son alimentados por inversores.

**MISCELÁNEOS.**

Son todas las estructuras metálicas, como: puertas, ductos de aire acondicionado, contactos polarizados, lámparas de alumbrado, escalerillas, canaletas, charolas de cables, tubería conduit, tubería hidráulica metálica, archiveros, gabinetes y muebles de oficina.

**PARARRAYOS.**

Dispositivo de protección contra descargas atmosféricas, que constituye un medio seguro de conducir a tierra las descargas que inciden directamente sobre los puntos más elevados de un edificio, torre de transmisión o estructura de cualquier tipo.

## MALLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

### **PARASOBRETENSIÓN.**

Término general que designa a un dispositivo de limitación de sobretensiones.

### **PLANO AISLADO DE TIERRA.**

Grupo de bastidores aislados del piso, interconectados, que están intencionalmente puestos a tierra a través de una sola conexión.

### **PLANO INTEGRADO DE TIERRA.**

Grupo de bastidores no aislados del piso, interconectados, que están intencionalmente puestos a tierra a través de una sola conexión.

### **PUESTA A TIERRA.**

Acción y efecto de conectar a tierra efectivamente a ciertos elementos de un equipo o de un circuito, en la forma y métodos establecidos en las normas de aplicación.

### **SISTEMA DE TIERRA.**

Conjunto de conductores, electrodos y accesorios que, interconectados eficazmente entre si, tiene por objeto conectar a tierra las cubiertas y otras partes metálicas de los equipos eléctricos, así como aquellos elementos de los circuitos que lo requieran.

### **SOLDADURA EXOTÉRMICA.**

Es un método de soldadura para la realización de conexiones eléctricas. Está basado en la reducción del óxido de cobre por el aluminio. Esta reacción química desarrolla una cantidad elevada de calor.

### **TENSIÓN DE CONTACTO.**

Tensión que aparece al momento de una falla de aislamiento entre las partes simultáneamente accesibles.

### **TENSIÓN DE PASO.**

Es la diferencia de potencial entre dos puntos en la superficie del suelo, separados por un metro (un paso) en la dirección del gradiente de potencial máximo.

### **TOMA DE TIERRA.**

Cuerpo o conjunto de cuerpos enterrados e interconectados que aseguran un enlace eléctrico con la tierra.

### **TIERRA.**

Masa conductora cuyo potencial eléctrico en cada punto se considera igual a cero.

### **VENTANA DE TIERRA.**

Es una zona de transición que consiste de una esfera imaginaria con un radio máximo de 0.91 m (3 pies) la cual es la interfase entre el plano integrado y el plano aislado de tierra. Es la abertura donde todos los conductores de puesta a tierra de corriente alterna y corriente directa ven su última conexión del plano integrado de tierra antes de que sean conectados al plano aislado de tierra.

**ZONAS CON PODER PROTECTOR.**

Zonas urbanas o periféricas densas que protegen a la red telefónica contra descargas atmosféricas. Las instalaciones situadas en estas zonas no requieren protección particular contra este efecto.

**ZONAS DE RIESGO.**

Zonas rurales o periféricas de baja densidad, que son susceptibles a las descargas atmosféricas. En estas zonas, es necesaria la puesta a tierra de los diferentes elementos de la red.

**ABREVIATURAS.**

AET:	ANILLO EXTERNO DE TIERRA.
AITT:	ANILLO INTERNO DE TIERRA DE TRANSMISIÓN.
ANSI:	ESTÁNDARES NACIONALES AMERICANOS.
BAT:	BATERÍA.
BCTPA:	BARRA COLECTORA DE TIERRA DE PLANO AISLADO.
BCTPI:	BARRA COLECTORA DE TIERRA DE PLANO INTEGRADO.
BDF:	BASTIDOR DE DISTRIBUCIÓN DE FUERZA.
BDFO:	BASTIDOR DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA.
BDTD:	BASTIDOR DISTRIBUIDOR DE TRONCALES DIGITALES.
BET:	BARRA EXTERNA DE TIERRA.
BLT:	BASTIDOR LATERAL DE TENSIÓN.
BNCA:	BARRA DE NEUTRO DE CORRIENTE ALTERNA.
BTCA:	BARRA DE TIERRA DE CORRIENTE ALTERNA.
BTDG:	BARRA DE TIERRA DEL DISTRIBUIDOR GENERAL.
BTET:	BARRA DE TIERRA DE EQUIPO DE TRANSMISIÓN.
BTFC:	BARRA DE TIERRA DE FOSA DE CABLES.
BTLT:	BARRA DE TIERRA DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.
BTP:	BARRA DE TIERRA DE PISO.

MAJLA DE TIERRAS PARA CENTRALES TELEFÓNICAS

BTPC:	BARRA DE TIERRA PRINCIPAL DEL CONTENEDOR.
BTPP:	BARRA DE TIERRA DE PUNTO PRINCIPAL.
BTT:	BARRA DE TIERRA DE TORRE.
BVT:	BARRA DE LA VENTANA DE TIERRA.
CA:	CORRIENTE ALTERNA.
CD:	CORRIENTE DIRECTA.
CPT:	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.
CT:	COLA DE TIERRA.
CV:	CABLE VERTICAL.
DES:	DESCARGA ELECTROSTÁTICA.
DIT:	DISPOSITIVO DE INTERCONEXIÓN TERMINAL.
IH:	IGUALADOR HORIZONTAL.
ME:	MAQUINA DE EMERGENCIA.
PCD:	PLANTA DE CORRIENTE DIRECTA.
PT:	PANTALLA DE TIERRA.
RAM:	RADIO DE ACCESO MÚLTIPLE.
RFO:	REPETIDOR DE FIBRA ÓPTICA.
RIE:	REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.
RMO:	REPETIDOR DE MICROONDAS.
ROF:	REDES ÓPTICAS FLEXIBLES.
TAB:	TABLERO.
TPG:	TABLERO DE PROTECCIÓN GENERAL.
TCD:	TIERRA EN CAJA DE DISTRIBUCIÓN.
URL:	UNIDAD REMOTA DE LÍNEA.