



SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA PARA LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.

Guerrero M. José H. C.I. 15.133.718

Montiel O. Alejandro C.I. 15.746.528

Rodríguez H. Rogers D. C.I. 15.819.775

Viña V. Cruz M. C.I. 16.511.999

Valencia, Junio del 2005

Índice general

1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	5
1.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA TELECOMUNICACIONES	7
2. RESISTIVIDAD Y TIPO DE TERRENO	9
2.1. MEDIDA DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO	11
3. FOSAS DE TIERRA Y ACONDICIONAMIENTO	14
3.1. CABLEADO DE PUESTA A TIERRA Y CONECTORES	14
4. INTERCONEXION	18
4.1. VARILLA COPPERWELD	18
4.2. VARILLA CHEM-ROD	18
5. NORMATIVAS DE PUESTA A TIERRA	20
5.1. ATERRAMIENTO DE LA TORRE	20
5.2. BARRA DE ATERRAMIENTO	22
5.3. ATERRAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE RF, ANTENAS Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	24
5.4. ATERRAMIENTO EN INTERIORES	25
5.4.1. ANILLO DE ATERRAMIENTO	25
5.4.2. BARRA DE ATERRAMIENTO	26

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	2
5.4.3. ATERRAMIENTO DE LOS RACKS	27
5.4.4. ATERRAMIENTO DE EQUIPOS (UBICADOS EN RACKS) .	29
5.5. AISLAMIENTO DE FALLAS A TIERRA	30
6. ELEMENTOS DE SUPRESIÓN TRANSITORIOS	31
6.1. VARISTOR	31
6.2. SURGE PROTECTOR O SURGE SUPPRESSORS	31
6.3. SURGE ARRESTOR	32
6.4. LIGHTNING ARRESTOR	32
7. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	34
7.1. PARARRAYOS	34
7.2. TIPOS DE PARARRAYOS	35
7.2.1. PUNTA FRANKLIN	35
7.2.2. PARARRAYOS IONIZANTE	37
7.2.3. JAULA DE FARADAY	37
7.2.4. TENDIDO	38
7.3. ARREGLOS DE DISIPACIÓN	39
7.3.1. EL SISTEMA SPLINE BALL DIVERTER (SBDS)	39
7.3.2. SISTEMA DISIPADOR DUAL (DDS)	39

Índice de figuras

1.1. Sistema de puesta a tierra para un centro de telecomunicaciones	8
4.1. CHEM ROD colocado en la tierra	19
5.1. Anillo de Aterramiento Externo	21
5.2. Barra de aterramiento	22
5.3. Puntos de conexione de aterramiento para las líneas de transmisión. . .	24
5.4. Anillo de Aterramiento Interno.	26
5.5. Barra de aterramiento (MGB) interna.	27
5.6. Anillo de Tierra para los equipos.	28
5.7. Bus de Tierra para el anillo.	29
6.1. SurgeArrest Net7T	32
6.2. Lightning Arrestor	33
7.1. Configuración del pararrayos	35
7.2. Pararrayos Fanklin.	36
7.3. Pararrayos Ionizante.	37
7.4. Jaula de Faraday	38

Índice de cuadros

2.1. Valores típicos de resistividad de algunos terrenos.	10
3.1. Capacidad de los conductores según la AWG	15
4.1. Varillas Chem-Rod	19

Capítulo 1

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrizados. Anteriormente la estática se descargaba por una conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra. Esta práctica ha continuado y se ha desarrollado progresivamente, de modo que tales conexiones a tierra se encuentran en casi todos los puntos en un sistema eléctrico. Esto incluye la estación generadora, las líneas y los cables que distribuyen la energía eléctrica y los locales en los cuales se utiliza. La necesidad de esta conexión se considera sagrada en la legislación. Por ejemplo en el Reino Unido, la Electricity Supply Regulations 1988, cláusula 5 (1), exige que todos los sistemas (es decir Generación, Transmisión y Distribución) sean puestos a tierra en un punto. Esto no se extiende efectivamente a la instalación en el interior de locales y si bien es aún la medida más común aterrizar tales instalaciones, la norma (por ejemplo vía BS 7671:1992, Amendment 1, 1994, Requirements for Electrical Installations) acepta ciertas disposiciones no aterrizadas.

Aún cuando la puesta a tierra constituye una parte intrínseca de un sistema eléctrico, permanece en general como un tema mal comprendido y a menudo se refiere a él como un «arte oscuro», algunas veces incluso por bien calificados ingenieros. En los años recientes existen rápidos desarrollos en cuanto a modelos de sistemas de puesta a tierra, tanto a bajas frecuencias como a altas frecuencias, principalmente facilitados por los nuevos recursos y procedimientos computacionales. Esto ha incrementado la comprensión del tema, al mismo tiempo que la actividad de diseño ha llegado a ser significativamente más difícil y las nuevas normas están requiriendo un diseño seguro y más detallado.

Surge así una oportunidad para explicar más claramente los conceptos de puesta a tierra y una necesidad que esto se traspase a los diseñadores de sistemas de puesta a tierra y a los instaladores, de modo que pueda lograrse una mayor comprensión del tema.

Por puesta a tierra generalmente entendemos una conexión eléctrica a la masa general de la tierra, siendo esta última un volumen de suelo, roca etc., cuyas dimensiones son muy grandes en comparación al tamaño del sistema eléctrico que está siendo considerado. La definición de la IEEE de puesta a tierra es:

“Tierra (sistema de tierra). Una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensión relativamente grande que cumple la función de la tierra”

Es importante mencionar ciertas razones que más frecuentemente se citan para tener un sistema bien aterrado:

- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Asegurar que seres vivos presentes en la vecindad de las subestaciones no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas de voltaje mayor), y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de las aislaciones.
- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.

Otras razones citadas menos frecuentemente, incluyen:

- Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo, disipando cargas electrostáticas que se han generado debido a nubes, polvo, agua, nieve, entre otros.

- Una forma de monitorear la aislación del sistema de suministro de potencia. Para eliminar fallas a tierra con arco eléctrico persistente.
- Para asegurar que una falla que se desarrolla entre los enrollados de alto y bajo voltaje de un transformador pueda ser manejada por la protección primaria.
- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el «ruido» eléctrico en cables.
- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar equipo electrónico.

1.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA TELECOMUNICACIONES

En los sistemas de comunicaciones es común la presencia de descargas atmosféricas las cuales puede ingresar a las instalaciones a través de diversos medios, por impacto directo o por corrientes inducidas. Esta energía busca su propio camino para llegar a tierra utilizando conexiones de alimentación de energía eléctrica, de voz y de datos, produciendo acciones destructivas ya que se supera el aislamiento de dispositivos tales como plaquetas, rectificadores, entre otros. Para evitar estos efectos, se deben instalar dispositivos de protección coordinados que para el caso de sobretensiones superiores a las nominales, formen un circuito alternativo a tierra, disipando dicha energía. A través de un sistema de puesta a tierra apropiado que asegure una capacidad de disipación adecuada. Finalmente otra fuente importante de disturbios son las redes de energía eléctrica, debido a la conmutación de sistemas y grandes cargas inductivas.

Un Sistema de Puesta a Tierra para los sistemas de comunicaciones debe ofrecer un camino seguro para las descargas de corrientes de fallas, descargas de rayos, descargas estáticas y señales de interferencia electromagnética y radiofrecuencia (EMI y RFI).

Un Sistema de Puesta a Tierra coordinado, debe reducir fundamentalmente la posibilidad de que aparezcan tensiones importantes entre elementos metálicos adyacentes. No obstante, es necesario tomar medidas suplementarias, (protectores, descargadores,

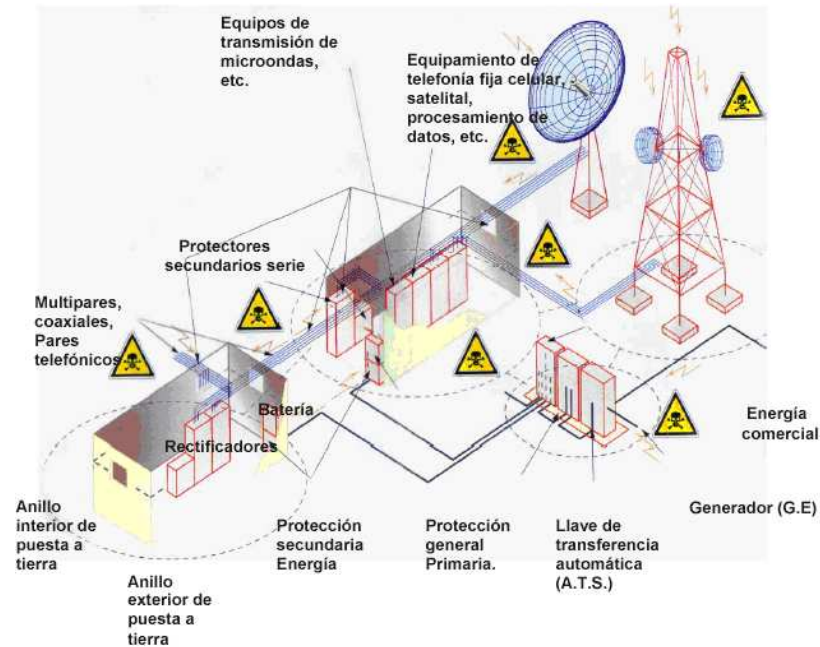


Figura 1.1: Sistema de puesta a tierra para un centro de telecomunicaciones

dispositivos activos de supresión de transitorios, etc.), en todo lo que esté referido a cables, conexiones y posibles vías de ingresos de transitorios que pueden provocar daños en forma parcial o total de los equipos. Por ejemplo la distribución de energía en alterna, líneas telefónicas, datos, tramas, cables coaxiales, multipares, entre otros.

Capítulo 2

RESISTIVIDAD Y TIPO DE TERRENO

De acuerdo a procedimientos físicos establecidos, la resistencia ohmica es posible determinarla teóricamente, por medio de la formula:

$$R = \frac{R_o * l}{A} \quad (2.1)$$

Sin embargo, para el caso de medir la resistencia del terreno de un sistema, no es posible aplicar directamente esta expresión, debido a que la resistividad del suelo no es uniforme y tiene múltiples variantes de acuerdo a las capas heterogéneas que lo componen.

La resistividad de la tierra en su conjunto puede variar entre 20 O*m hasta 20000 O*m dependiendo de las características propias del terreno. Debido a esto, las mediciones de la resistividad del terreno se realizan mediante la utilización de un instrumento diseñado especialmente para tal efecto, llamado Terrómetro. Este instrumento, tiene un rango de medición de 0,1 a 999 O y consta de 4 estacas de acero de 25 cm. de largo y 2 cm de diámetro, las cuales son enterradas directamente al suelo, y conectadas al instrumento a través de cables de cobre de 2mm de diámetro y 20m de largo como accesorio o más.

La resistividad del terreno se define como la resistencia que presenta 1 m³ de tierra, y resulta de un interés importante para determinar en donde se puede construir un sistema de puesta a tierra. En la resistividad del terreno influyen varios factores que pueden

Valores típicos de resistividad de diferentes suelos			
Tipo	Resistividad (ohm-metro)		
Agua de mar	0,1	-	1
Tierra vegetal/arcilla húmeda	5	-	50
Arcilla, arena y grava	40	-	250
Creta (tiza) porosa	30	-	100
Piedra caliza cristalina	300	+	
Roca	1 000	-	10 000
Roca ígnea	2 000	+	
Concreto seco	2 000	-	10 000
Concreto húmedo	30	-	100
Hielo	10 000	-	100 000

Cuadro 2.1: Valores típicos de resistividad de algunos terrenos.

variarla, entre los más importantes se encuentran: naturaleza del terreno, humedad, temperatura, salinidad, estratigrafía, compactación y las variaciones estacionales. Uno de los factores mas importantes que afecta la impedancia del sistema de tierra es la impedancia del medio en el cual está situado el electrodo, es decir, el terreno. La resistividad del terreno se expresa en [Ohm-metro]. Algunos valores típicos se dan en la siguiente tabla:

Los dos factores principales que afectan el valor de resistividad del suelo son la porosidad del material y el contenido de agua. Porosidad es un término que describe el tamaño y número de huecos dentro del material, lo cual está relacionado con su tamaño de partícula y diámetro del poro. Varía entre 80/90 % en el sedimento de lagos, hasta 30/40 % en el caso de arena y arcilla no consolidada y menos en piedra caliza consolidada.

Es muy poco frecuente encontrar terreno que puede describirse como terreno uniforme para propósitos de puesta a tierra. Se utiliza el terreno hasta una cierta profundidad, que corresponde a aquella hasta la cual pueden fluir las corrientes de falla a tierra. Puede ser una delgada capa de terreno superficial, si hay capas de rocas mas abajo. Cada capa de roca sucesiva puede tener menos grietas, sean mas sólidas en donde se espera una resistividad mayor.

Si un electrodo se instala en la superficie, entonces la distancia, espesor y resistividad real de cada una de las capas serán factores importantes que afectan el valor de su

resistencia a tierra.

La temperatura y el contenido de agua tienen una influencia importante en la resistividad del terreno y luego en el comportamiento del sistema de tierra. Un incremento en el contenido de agua provoca una reducción drástica de la resistividad, hasta alcanzar un 20 % del nivel original cuando el efecto tiende a estabilizarse. Minerales y sales disueltas en el agua pueden ayudar a reducir aún más la resistividad, particularmente cuando estas están produciéndose en forma natural y no terminan diluyéndose en el tiempo. El contenido de agua varía estacionalmente y es probable que origine variaciones en la impedancia del sistema de tierra.

2.1. MEDIDA DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Es importante que la resistividad pueda verificarse en forma tan precisa como sea posible, ya que el valor de resistencia a tierra del electrodo es directamente proporcional a la resistividad del suelo. Si se usa un valor incorrecto de la resistividad del terreno en la etapa de diseño, la medida de impedancia del sistema de tierra puede resultar significativamente diferente de lo planeado.

La prueba se realiza tradicionalmente usando un medidor de tierra (terrometro) de cuatro terminales. Cuatro estacas se clavan en el suelo como se muestra en el diagrama, separadas una distancia a metros. La profundidad de cada estaca se trata de que no exceda a dividido por 20 y normalmente es inferior a 0,3 metros. Las dos estacas exteriores se conectan a los terminales de corriente C1 y C2 del instrumento y las estacas interiores, a los terminales de potencial P1 y P2.

Es importante asegurarse que las estacas de prueba no están insertadas en línea con cables o tuberías metálicas enterradas, ya que estos introducirán errores de medida.

EL procedimiento de medición y montaje lo analizaremos más adelante.

Para realizar eficazmente un buen sistema de aterramiento debemos considerar por lo menos tres componentes principales:

1. Resistencia de contacto entre el electrodo y la tierra. Si el electrodo es buen conductor de corriente y está desprovisto de agentes aislantes como grasas o pinturas,

la corriente se descargará libremente y se disipará a través de la tierra en forma instantánea

Nota: Al realizar un sistema de tierra por medio de barras copperwel, el electrodo deberá quedar instalado, por lo menos a 1,2 metros separado del poste o muro según sea el caso

2. Si el electrodo es conectado pegado al poste o al muro, no se produce una descarga de corriente eficazmente, dado que el poste o muro se comporta como un aislador, pues posee una alta resistividad, y no permite que la corriente se descargue a tierra.
3. La sección transversal del electrodo y su conexión: Una sección transversal adecuada y una unión segura con el cable, hará que la resistencia sea despreciable.
4. La unión del electrodo con el cable de cobre deberá ser hecho con soldadura de fusión.
5. La resistividad del propio terreno: Como se ha dicho anteriormente, la propia tierra presenta una resistividad muy heterogénea, y el valor final de la resistencia del sistema dependerá fundamentalmente de las características que tenga el propio terreno.

Por tanto podemos decir que la sección del conductor, la superficie de contacto y la resistividad del suelo, son los tres factores más importantes en la construcción de un buen aterramiento.

Es importante tener presente en la construcción de un buen aterramiento los valores de resistividad que tengan los diferentes terrenos y las capas que la componen, para determinar si el sistema será horizontal o vertical y si será necesario adicionar material despolarizante.

Se ha comprobado que la forma más eficaz de hacer un sistema de aterramiento para proteger la planta externa en lugares muy secos y con alta resistividad, es por medio de sistemas con mezcla de material despolarizante, siendo el más recomendable la aleación de ventonita con carbón mineral molido, en relación de 2 a 1 respectivamente, en una área aproximada de 70 centímetro cúbico.

Si R es la lectura de resistividad del instrumento, en ohms, para una separación de a metros, entonces la resistividad aparente está dada por la siguiente fórmula: Resistividad = $(2\pi R) \cdot a$ [ohm-metro].

$$R_o = 2\pi R \cdot a \quad [\text{ohm} - \text{metro}] \quad (2.2)$$

El término *resistividad aparente* se usa ya que la fórmula anterior supone que el terreno es uniforme hasta una profundidad a metros bajo el punto central del esquema de medida. Nosotros podemos obtener información respecto de la estructura real del suelo tomando una serie de lecturas, incrementando a en pasos de 1 metro hasta una separación de 6 metros, luego en pasos de 6 metros hasta una separación de 30 metros. Para instalaciones de área muy grande, especialmente donde hay roca abajo, puede ser aconsejable lecturas a 50 m, 80 m y aún 100 m de separación de estacas. El instrumento empleado debe ser suficientemente preciso para medir valores de resistencia muy pequeños con estos grandes espaciamientos (del orden de $0,01\Omega$ a $0,002\Omega$). Las medidas deben realizarse preferiblemente en un área de terreno razonablemente no perturbado. Típicamente los valores más bajos de a darán altos valores de resistividad de suelo porque ellas estarán fuertemente influenciadas por la capa superficial que normalmente drena el agua o su contenido de agua está reducido por el sol y/o el viento. A medida que la distancia a aumenta, la resistividad aparente normalmente se reducirá, a menos que exista roca subyacente.

Durante la realización de la medida se debe dibujar una curva de resistividad versus separación. Esta curva proporcionará información respecto de la estructura general del terreno en la localidad, identificando lecturas extrañas y ayudando a decidir cuántas medidas se requieren. Si hay grandes fluctuaciones en los valores medidos, es probable que las condiciones del suelo sean variables, la tierra ha sido compuesta o existen tuberías enterradas en el área. En tales casos, las medidas deben tomarse en algunas direcciones transversales a través del sitio. Algunas de estas transversales deben ser en ángulo recto unas de otras, para permitir la identificación de interferencias de cables eléctricos cercanos.

Capítulo 3

FOSAS DE TIERRA Y ACONDICIONAMIENTO

3.1. CABLEADO DE PUESTA A TIERRA Y CONECTORES

El conductor de puesta a tierra debe estar aislado con chaqueta de color verde o verde con una o más franjas amarillas y aprobado como adecuado para ese propósito (debe ser retardante de las llamas, resistentes a la humedad y altas temperaturas). Se recomienda el uso de cables de tipo THW, THHW. Se permitirá que un conductor de puesta a tierra de equipos aislado o cubierto sea identificado como tal durante la instalación con marcación permanente a ambos extremos y en cualquier punto donde sea accesible. La identificación puede hacerse mediante uno de los siguientes métodos:

- Retirando el aislamiento o recubrimiento del conductor en todas las longitudes expuestas.
- Pintando de verde el aislamiento o recubrimiento externo.
- Marcando el aislamiento o recubrimiento con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

<i>Máxima capacidad de corriente de la planta (A)</i>	<i>Cable de Cobre N° AWG</i>
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250 Kcmil
2500	350 Kcmil
3000	400 Kcmil
4000	500 Kcmil
5000	700 Kcmil
6000	800 Kcmil

Cuadro 3.1: Capacidad de los conductores segun la AWG

Material. El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre u otro material adecuado resistente a la corrosión, sólido o trenzado. Camino efectivo. El camino a tierra desde circuitos, equipos y canalizaciones de conductores debe:

- Ser permanente y efectivamente continuo.
- Debe tener suficiente capacidad de corriente para transportar con toda seguridad cualquier corriente de falla que pueda circular por él.
- Tener impedancia lo suficientemente baja para limitar el potencial respecto a tierra y
- asegurar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

El conductor de puesta a tierra debe ser de un calibre no inferior al N° 14 AWG para cobre o equivalente. Y su calibre se escogerá según la capacidad máxima de corriente que maneja el equipo a conectarse según la siguiente tabla:

Tramo en línea recta: El conductor de puesta a tierra se debe instalar en línea recta, tanto como sea factible, hasta el electrodo de tierra. Las curvaturas fuertes deben ser evitadas.

Radio mínimo de curvatura: El radio mínimo de curvatura de los conductores de tierra es de 15,24 cm (6 in.) y todas las curvas deben estar dirigidas hacia el punto final de aterramiento para ese conductor.

Longitud: Todos los conductores de tierra deben ser lo más cortos posible. Para el momento de la instalación debe tomarse en cuenta la ruta más corta y con el menor número de curvaturas, siempre que esto no interfiera con otro equipo o la seguridad personal.

Daños físicos: Cuando sea necesario, el conductor de puesta a tierra se debe proteger contra daños físicos, esto se logra colocándolo dentro de tuberías metálicas o de PVC. Si el conductor de tierra está colocado en una tubería metálica, ambos extremos de la misma deben estar conectados al conductor de tierra o al mismo terminal o punto al que se conecte dicho conductor.

Conexiones: El conductor de puesta a tierra se debe conectar al punto más cercano a

- El electrodo de puesta a tierra de la instalación.
- Las tuberías metálicas de agua (fría) del interior del edificio.
- Un medio accesible de la acometida del servicio de energía, fuera de los armarios que pudiera haber.
- A una canalización metálica del servicio de energía.
- Al armario de los equipos de la acometida.
- Al conductor del electrodo de puesta a tierra o a la envolvente metálica del mismo.

Este conductor deberá llevarse sin ningún empalme a cualquiera de los puntos anteriores y será dimensionado tomando el calibre del cable que soporte la cantidad de corriente que pueda pasar en caso de alguna falla, de acuerdo a la Tabla 3.1

Uniones de cables de tierra: Todas las uniones entre conductores de tierra a anillos o buses deben ser de cobre o cualquier otro material resistente a la corrosión y deben estar conectadas mediante una soldadura exotérmica (Cadweld) o sujetadas mediante abrazaderas a presión tipo C-Tab.

Conexión a los electrodos: Los electrodos del sistema de aterramiento consisten en varillas de cobre o un material similar, de una longitud no menor a 2,40 metros y 5/8 mínimas de diámetro, los cuales deben estar enterrados a una profundidad no menor a 2,40 metros, en caso de encontrar rocas en el terreno las barras de los electrodos pueden enterrarse en forma oblicua con un ángulo no mayor a 45° de la vertical. Si el edificio o estructura a la que pertenezca esta instalación no tiene conexión a tierra, se utilizarán como electrodos alguna estructura metálica puesta a tierra eficazmente o a una tubería de agua que posea un electrodo complementario, dicha tubería debe ser no menor a 3 metros de longitud y 19 milímetros de diámetro, conectadas permanentemente a una parte de la tierra que esté húmeda y separadas de los conductores de pararrayos por 1,80 metros y a la misma distancia de los electrodos de otras instalaciones. Esto se permite siempre y cuando las tuberías metálicas interiores para agua estén situadas a menos de 1,52 metros del punto de entrada al inmueble o instalación y no pasen por medidores. No se deben utilizar como electrodos protectores las tuberías de vapor o agua caliente ni los conductores que van hasta el pararrayos. Las conexiones de puesta a tierra se conectarán al electrodo de puesta a tierra por medio de soldaduras exotérmicas (Cadweld), terminales, conectores de presión, abrazaderas y otros medios aprobados. No se utilizarán conexiones que dependan únicamente de soldaduras blandas. Las abrazaderas de puesta a tierra deben ser aprobadas para los materiales de los electrodos de puesta a tierra y sus conductores, y cuando se use en barras, tubos u otros electrodos enterrados, serán también adecuadas para usarse directamente enterradas. No se conectará más de un conductor al electrodo de puesta a tierra, por medio de una abrazadera única o accesorio, a menos que la abrazadera o el accesorio sean del tipo aprobado para varios conductores. Se pueden utilizar para esta aplicación, conectores, abrazaderas, herrajes u otros elementos de fijación utilizados para conectar los conductores de tierra y los puentes de conexión equipotencial a los electrodos de tierra o a cualquier otro elemento de tierra que esté empotrado en concreto o enterrado directamente.

Capítulo 4

INTERCONEXION

4.1. VARILLA COPPERWELD

Esta varilla es una de las mas usadas, ya que es de bajo costo de material. Este tipo de electrodo esta hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros. Esta varilla se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros, esto por norma. También por norma se acepta que la varilla vaya enterrada en forma horizontal, siempre y cuando sea en una zanja de mínimo 80cm de profundidad, pero no es muy recomendable. La varilla copperweld no tiene mucha área de contacto, pero sí una longitud considerable, con la cual es posible un contacto con capas de tierra húmedas, lo cual se obtiene un valor de resistencia bajo.

4.2. VARILLA CHEM-ROD

Esta varilla de aterramiento posee la característica especial de contener sales minerales en su interior las cuales son liberadas para acondicionar el terreno que rodea a la misma, esto permite garantizar una excelente resistencia de puesta a tierra durante el periodo de duración de la misma, cuando las sales se acaban pueden ser repuesta mediante kits especiales para tal fin. La eficiencia de estas varilla es tan elevada que permite reemplazar hasta diez varillas de aterramiento convencionales por una sola

chem-rod, esto es muy importante en terrenos donde se requieran resistencias de tierra muy pequeñas, y la cantidad necesaria de varillas convencionales se hace excesivamente numerosa. Estas están disponibles a nivel comercial en varios modelos, una vertical y una horizontal, cada una de estas se utilizara dependiendo del terreno y la capacidad de excavación que se disponga. A continuación presentamos una tabla comparativa que permite observar las ventajas de las varillas chem-rod.

ELECTRODE TYPE	SOIL RESISTIVITIES OF TEST SITES (OHM-METER)					PERFORMANCE VARIANCE AS A RESULT OF MOISTURE/TEMP.
	9	62	270	3.7K	30K	
	MEASURED RESISTANCE (IN OHMS)					
Chem-Rod 2 5/8"x10'	0.2	<2.0	<10	<90	<1K	40%
Air breathing rod*	0.5	9.0	22	240	2K	200%
Rod in conditioned soil (1st year)*	2.3	1.8	44	350	1.5K	200%
(3rd year)*	5.0	30	>80	400	3K	200%
Copper, clad rod*	7.2	>22	65	430	10K	250%

Cuadro 4.1: Varillas Chem-Rod

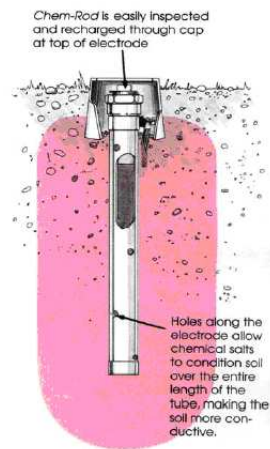


Figura 4.1: CHEM ROD colocado en la tierra

Capítulo 5

NORMATIVAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE LA COMPAÑÍA MOVISTAR

A continuación se presenta como se realiza un sistema de puesta a tierra con sus normas por la compañía MOVISTAR.

Las torres deben estar unidas al anillo de aterramiento de la torre (un anillo que borde la torre) el cual debe estar conectado al menos en un punto al anillo externo de la instalación. Una configuración recomendada para el anillo externo de la instalación es la siguiente:

5.1. ATERRAMIENTO DE LA TORRE

Las torres deben estar unidas al anillo de aterramiento de la torre (un anillo que borde la torre) el cual debe estar conectado al menos en un punto al anillo externo de la instalación. Una configuración recomendada para el anillo externo de la instalación es la siguiente:

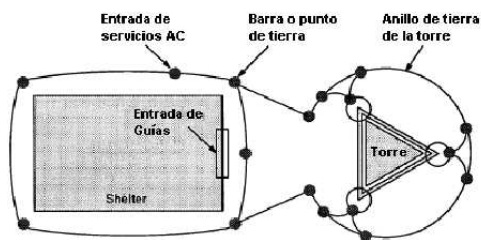


Figura 5.1: Anillo de Aterramiento Externo

El anillo de la torre debe estar conectado al anillo de la caseta justo debajo del trayecto de las guías y se realizará una segunda conexión entre anillos en caso de querer tener redundancia en el sistema de aterramiento.

Con esta configuración la instalación está protegida con un sistema perimetral de tierra que forma un plano equipotencial. En caso de que la torre se encuentre en el tope de un edificio y no exista una tierra en el sitio, debe ser llevado un cable desnudo de calibre no menor a N° 2 AWG de cobre estañado hasta el sistema de aterramiento del edificio. Si esto no es posible, un buen punto de aterramiento sería aquel donde está aterrado el sistema eléctrico que provee el servicio al edificio.

Todas las piezas metálicas que se encuentran en la instalación como escalerillas, soportes, guías, aires acondicionados, rejas, cobertores de ventanas, generador, así como también la barra de aterramiento interna deben estar conectadas por lo menos en algún punto al anillo exterior de aterramiento. En todas las roscas, puntas y superficies de contacto, toda pintura, esmalte o revestimiento similar que no sea conductivo se retirará o las uniones se realizarán por medio de accesorios diseñados para no requerir tal remoción.

En caso que los soportes de las antenas sean secciones telescópicas (como en el caso de los C.O.W.), todas las secciones deben hacerse eléctricamente continuas mediante puentes de unión u otros medios.

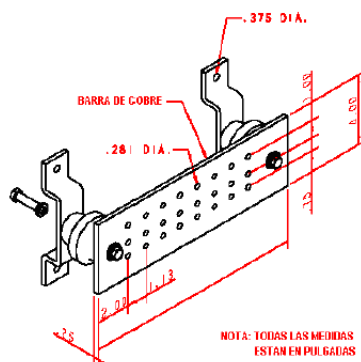


Figura 5.2: Barra de aterramiento

5.2. BARRA DE ATERRAMIENTO

La barra de aterramiento es el área donde terminan todas las conexiones a tierra provenientes de los equipos, guías, etc. Físicamente es una barra de cobre con huecos que tengan una configuración que permita soportar conexiones del tipo doble ojo.

En exteriores, es necesario una barra de aterramiento colocada en el punto donde las guías entren al shelter, edificio, área, etc. Esta barra debe ubicarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de manera que permita la conexión de las líneas de transmisión que se encuentren en la parte superior de la misma.

Esta barra estará conectada a un punto de tierra del anillo exterior con un conductor N° 2 AWG o mayor de cobre que posea una chaqueta de color verde, además de ir por una tubería PVC, con pintura de revestimiento color verde.

Cada conexión a la barra de tierra debe estar cubierta en los puntos de contacto con grasa antioxidante y no se debe colocar más de un conector en cada hueco de la barra. En caso de que no exista espacio disponible en la existente, se debe colocar otra barra la cual debe estar eléctricamente conectada al anillo exterior y a la barra principal mediante un conductor de cobre calibre N° 2 AWG o mayor.

Esta barra debe estar aislada mediante accesorios que no permitan que exista continuidad eléctrica entre ella y su soporte. Las medidas de la barra externa y su distancia de los soportes deben ser las que se muestran a continuación:

El largo de la barra varía en función del número de conexiones que se estiman realizar y posibles expansiones, por lo general, las barras instaladas en exteriores tienen una longitud de 20 lo que permite un total de 14 conexiones (doble ojo); este tamaño puede variar dependiendo del tamaño del shelter y la cantidad de equipos que van a alojar.

Las barras expuestas a la intemperie, al igual que las conexiones a las mismas, deben ser protegidas contra la corrosión cubriéndolas con grasa, evitando así que los agentes corrosivos la afecten.

Las barras en exteriores deben estar ubicadas en función a los siguientes criterios:

- En caso de utilizar monopolos (bases tubulares) siempre debe existir una barra de tierra ubicada en la parte inferior del mismo.
- En caso de utilizar torres, deben existir barras de tierra ubicadas según:
 1. Siempre debe existir una barra de tierra en la parte superior de la torre ubicada a 3 metros del tope.
 2. Siempre debe existir una barra de tierra al final del recorrido vertical ubicada a 1 metro de la transición del recorrido horizontal.
 3. Para torres comprendidas entre los 40 y 90 metros debe existir una barra de tierra adicional ubicada en el medio del recorrido vertical.
 4. Para torres mayores a 90 metros deben existir 2 barras de tierra adicionales ubicadas de manera tal que exista una separación equidistante entre las 4 barras existentes.
 5. Siempre debe existir una barra de tierra ubicada en la ventana de acceso de la caseta.
 6. Cuando existan recorridos horizontales mayores a 45 metros deben existir barras de tierra adicionales ubicadas aproximadamente cada 25 metros.

5.3. ATERRAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE RF, ANTENAS Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Todos los equipos ubicados en una torre o soporte deben estar correctamente conectados al sistema de tierra, esta conexión debe realizarse a la barra de tierra que se encuentre más cerca por debajo del equipo.

No están permitidas las conexiones al sistema de tierra que tengan recorridos verticales ascendentes. En caso que las barras no existiesen en la instalación, las mismas deberían ser colocadas y conectadas al sistema de aterramiento como se describió en la sección anterior.

La conexión debe hacerse utilizando un conductor resistente a la intemperie (THW o THHW), de calibre N° 6 AWG y chaqueta color verde usando conectores de dos ojos para la conexión en la barra. Las líneas de transmisión deben estar aterradas con sus respectivos kits de aterramiento y conectadas en todas las barras de tierra que existan durante su recorrido.

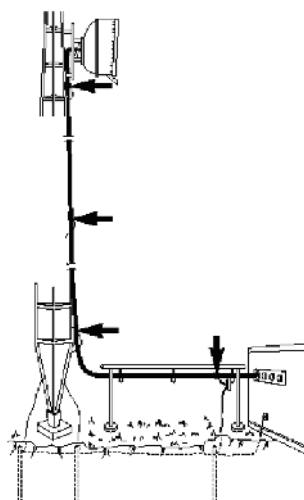


Figura 5.3: Puntos de conexione de aterramiento para las líneas de transmisión.

Los conectores deben ser los adecuados para el propósito y el calibre del cable. Para mantener una buena conexión, prevenir el pivoteo y la holgura inherente de los conectores se deben usar conectores de doble ojo. Deben colocarse arandelas de presión debajo

de la tuerca y pueden usarse arandelas normales entre el tornillo y el conector, pero no entre el conector y la superficie.

La intención de aterrizar las líneas de transmisión en el tope, medio y fin del recorrido vertical es para prevenir que los rayos puedan crear una diferencia de potencial; la de aterrizar la línea de transmisión a una barra de aterramiento colocada al final del recorrido vertical y antes de la ventana de entrada es la de llevar el rayo a tierra.

Todas las conexiones a tierra de las líneas de transmisión (grounding kits) deben estar debidamente selladas y protegidas contra el agua, su recorrido debe ser en línea recta tratando de ser el más corto posible y hacia abajo, evitando curvaturas agudas y lazos.

5.4. ATERRAMIENTO EN INTERIORES

El sistema de aterramiento interno debe estar conectado al menos en un punto al anillo exterior. Esta conexión debe ser con un conductor de calibre N° 2 AWG o mayor que posea una chaqueta de color verde. La penetración a las paredes deben hacerse con un ángulo de 45° para evitar curvaturas bruscas en el recorrido del conductor.

5.4.1. ANILLO DE ATERRAMIENTO

El propósito principal del anillo es proveer un trayecto de aterramiento para periféricos o aparatos de soporte dentro del sistema de comunicaciones o áreas de equipos.

Esta formado por un conductor calibre N° 2 AWG o mayor con chaqueta de color verde, y debe instalarse de tal manera que rodee el interior del shelter o caseta donde estén instalados los equipos. Ambas puntas del anillo deben conectarse a la ventana o barra de aterramiento interna. Este anillo debe estar instalado por lo menos a 2,43 metros (8 ft.) desde el piso y 15,24 cm (6 in.) debajo del techo. Adicionalmente, debe realizarse una conexión a tierra en cada esquina de la instalación, la cual debe estar conectada al anillo exterior de la instalación mediante un conductor de calibre N° 2 AWG o mayor el cual debe atravesar las paredes con un ángulo de 45°. El anillo debe estar sujetado a las paredes de la instalación cada 61 cm (24 in.) y, cuando sea necesario, en los puntos de cambio de dirección (esquinas).

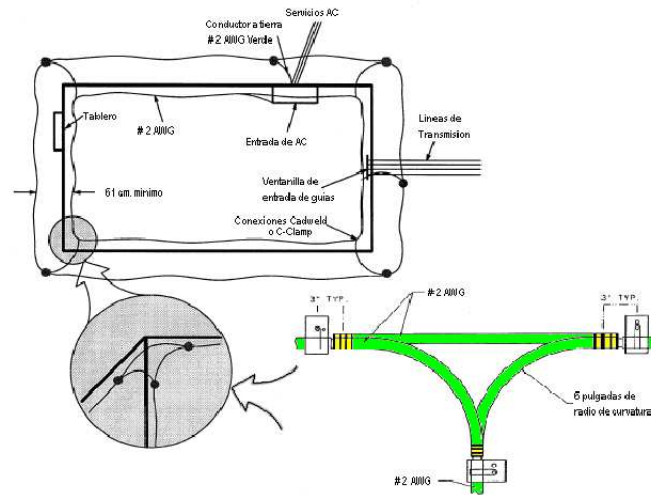


Figura 5.4: Anillo de Aterramiento Interno.

Al anillo deben conectarse todas las piezas metálicas de equipos secundarios que se encuentren en el interior de la instalación, como son: puertas y marcos metálicos, tableros de breakers, soportes de aires acondicionados, etc. Todas estas conexiones deben hacerse con un conductor calibre N° 6 AWG, e igualmente con chaqueta de color verde.

5.4.2. BARRA DE ATERRAMIENTO

La barra de aterramiento es el área donde terminan todas las conexiones a tierra provenientes de los equipos, guías, etc. Físicamente es una barra de cobre con huecos que tengan una configuración que permita soportar conexiones del tipo doble ojo.

En interiores, esta barra debe estar ubicada en un lugar de fácil acceso para los conductores y desde donde pueda conectarse a un punto del anillo externo con conductor N° 2 AWG o mayor.

Las medidas de la barra deben ser las siguientes:

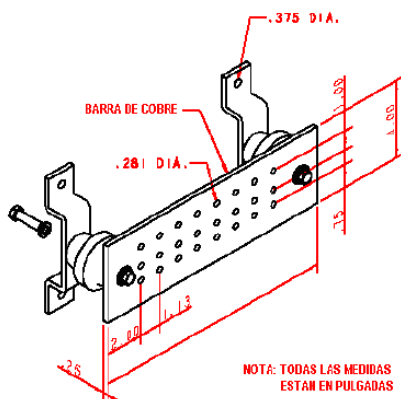


Figura 5.5: Barra de aterramiento (MGB) interna.

El cableado hasta ésta barra debe ser el más corto posible evitando curvaturas agudas e innecesarias.

5.4.3. ATERRAMIENTO DE LOS RACKS (CONEXIÓN DE LA BARRA DE TIERRA DE LOS RACKS)

Todos los racks o bastidores que se encuentren en una instalación deben estar aislados del suelo y tendrán una barra de cobre la cual servirá de referencia a todos los equipos que se encuentren en ese rack. Esta barra deberá estar aislada por materiales no conductores del rack que la soporta, y estarán conectadas a la barra principal de aterramiento mediante cualquiera de los siguientes sistemas:

Un anillo de aterramiento para los equipos, el cual debe estar instalado en la parte inferior de los rieles del sistema de escalerillas mediante el uso de enganches adecuados (ganchos diseñados para éste fin) separados aproximadamente cada 50 cm; este anillo será de un conductor de cobre de calibre no menor al N° 2 AWG verde, donde ambos extremos deben estar conectados a la barra de tierra principal. La conexión al anillo debe hacerse en dos puntos formando una V, utilizando un conductor de cobre de calibre N° 6 AWG. La unión de los cables que conectan la barra de tierra de los racks con el anillo de tierra para los equipos debe realizarse por medio de conectores de presión tipo C-Tab.

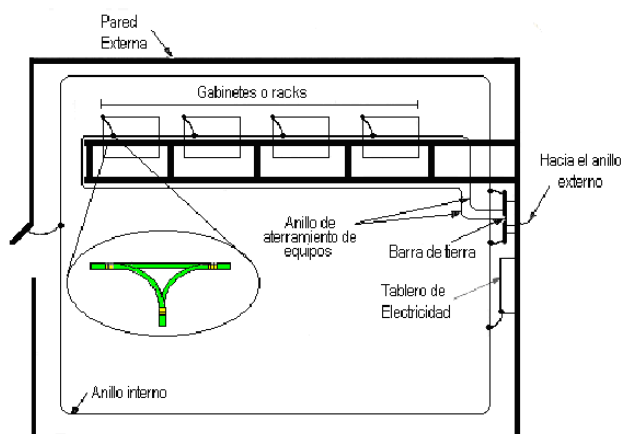


Figura 5.6: Anillo de Tierra para los equipos.

El anillo de tierra para los equipos puede colocarse en el borde exterior del sistema de escalerillas (configuración recomendada para shelters y áreas amplias del MTSO).

Otra configuración posible para el aterramiento de los racks es la del bus de tierra, este está conformado por un conductor de cobre de calibre no menor al N° 2 AWG y revestimiento verde, el bus debe tener uno de sus extremos conectado a la barra de tierra.

El recorrido del bus por la escalerilla debe hacerse con los mismos enganches que el anillo descrito anteriormente. La conexión al bus debe hacerse con una curvatura no menor a 15,24 cm (6 in.) en dirección a la barra de tierra, se debe utilizar un conductor de cobre de calibre N° 6 AWG. La unión de los cables que conectan la barra de tierra de los racks con el bus de tierra para los equipos debe realizarse por medio de conectores de presión tipo C-Tab. Así como se muestra en la siguiente figura:

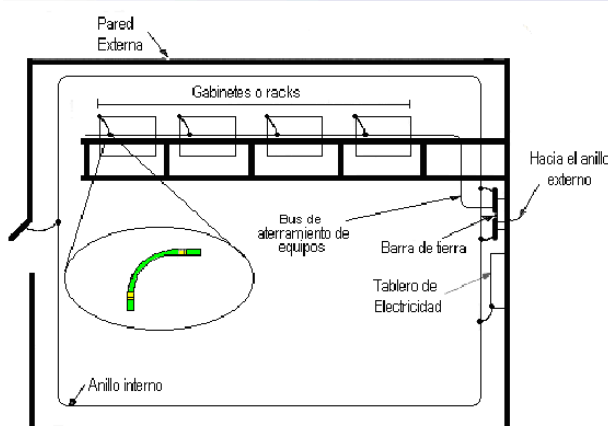


Figura 5.7: Bus de Tierra para el anillo.

En caso que el anillo o el bus no puedan ser instalados, las barras de tierra de los diferentes racks deben tener una conexión directa a la barra principal por medio de un conductor de cobre de calibre no menor al N° 6 AWG verde. Esta configuración no es recomendada ya que el conductor puede presentar más de dos curvatura de 90° y se utiliza mucho espacio de la escalerilla para estos conductores.

Todas las conexiones a las barras de tierra de los racks deben ser de un solo ojo y en la barra se hará una sola conexión por agujero y en un solo sentido. En caso de que no exista espacio suficiente en la barra para todos los equipos, se debe colocar una barra adicional conectada de igual manera al sistema de aterramiento y aislada del rack que la soporta.

La estructura metálica de los racks debe estar conectada al anillo interno de aterramiento mediante un conductor de calibre N° 6 AWG de chaqueta color verde.

5.4.4. ATERRAMIENTO DE EQUIPOS (UBICADOS EN RACKS)

Las partes metálicas descubiertas de equipos fijos, no destinadas a transportar corriente y que tengan probabilidades de entrar en contacto con partes activas bajo tensión en condiciones anormales, serán puestas a tierra cuando exista cualquiera de las condiciones especificadas a continuación:

- Cuando estén dentro de una distancia de 2,40 metros verticalmente o de 1,50 metros horizontalmente de la tierra o de objetos metálicos puestos a tierra y expuestos a contacto de personas.
- Cuando estén instalados en lugares mojados o húmedos y no estén aislados, como por ejemplo en torres.
- Cuando estén en contacto eléctrico con metales.
- Cuando los equipos estén alimentados por cables colocados en canalizaciones metálicas u otro método de cableado que proveen puesta a tierra de equipos.
- Cuando se cumpla alguna de las condiciones anteriores, los equipos deberán conectarse a tierra. Esta conexión debe hacerse a la barra de tierra del rack que soporta al equipo mediante un conductor de chaqueta color verde y un calibre sugerido por el fabricante del equipo, en caso de que este no sea especificado debe escogerse uno de acuerdo a la capacidad de corriente del equipo.

Para aterrizar los equipos no se permite utilizar barras de tierras de racks adyacentes. Si el rack donde está ubicado el equipo no contiene una barra de tierra debe colocarse una la cual esté conectada al sistema de aterramiento.

5.5. AISLAMIENTO DE FALLAS A TIERRA

Todos los racks deben tener una plancha aislante de un material no conductor colocado entre la base del rack y el piso. Los tornillos que soportan el rack deben llevar una arandela que no permita el contacto eléctrico entre el tornillo y la estructura del rack.

Todas las barras de tierra que se encuentren tanto en paredes como en los racks deben estar aisladas mediante un material no conductor de la estructura que la soporta. La intención de aislar los equipos, racks y barras es para evitar que en el caso de una descarga eléctrica o fallas a tierra, la corriente no tome caminos indeseables y pueda causar diferencias de potencial no deseadas provocando daños a los equipos y personas que puedan encontrarse en la instalación.

Capítulo 6

ELEMENTOS DE SUPRESIÓN TRANSITORIOS

6.1. VARISTOR

Componente electrónico, también conocido como varistancia, cuya resistencia óhmica depende de la tensión que se aplique a sus bornes. Actúa como dos diodos zener en oposición. Se construyen con materiales semiconductores, generalmente de carburo de silicio, y tienen diversas aplicaciones, entre las cuales cabe citar la limitación de tensión en las bobinas de relés, en telefonía para la eliminación de las chispas que se producen en los contactos y entre los terminales del arrollamiento primario de un transformador de potencia para evitar que al equipo le entren picos de red.

6.2. SURGE PROTECTOR O SURGE SUPPRESSORS

Un dispositivo que emplea un cierto método de supresión de la oleada para proteger el equipo electrónico contra voltaje excesivo (los puntos y las oleadas de la energía) en la línea de energía. El método más común utiliza un componente del varistor (MOV) para desviar la oleada al hilo neutro y a las líneas de la tierra. Otro método es el modo de la SERIE, que absorbe realmente la energía. Los protectores de oleada pueden utilizar ambos métodos.

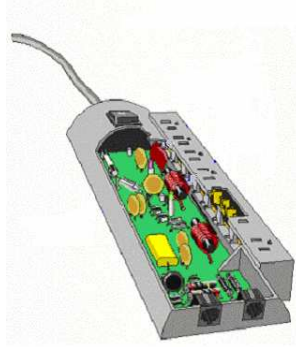


Figura 6.1: SurgeArrest Net7T

El SurgeArrest Net7T de la energía americana demuestra los componentes internos usados para filtrar ruido de línea y para divertir las oleadas. Observe que los condensadores absorben algo de la energía, mientras que el MOVs divierte la alta energía.

6.3. SURGE ARRESTOR

Este dispositivo proporciona la protección creciente contra transeúntes del voltaje en las líneas de la fuente de alimentación. Utiliza la tecnología de estado sólido, que provee de oleadas del aligeramiento una trayectoria de la resolución del punto bajo de línea a línea, línea a neutro, o línea a la tierra, mientras que proporciona una alta resistencia a la energía de 60 Hz. El circuito electrónico no tiene una estructura del boquete, por lo tanto responde más rápidamente y tiene un voltaje que afianza con abrazadera más bajo. También, este dispositivo no ioniza, por lo tanto no se genera ninguna interferencia de la radiofrecuencia por su operación.

6.4. LIGHTNING ARRESTOR

Estos dispositivos son cápsulas de gas que desvían los excesos de corriente a tierra. Los lightning arrestor deben colocarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de las guías (en la parte interna de la caseta) y deben estar correctamente conectados a tierra. A continuación se muestra un diagrama que ejemplifica la conexión de estos elementos.

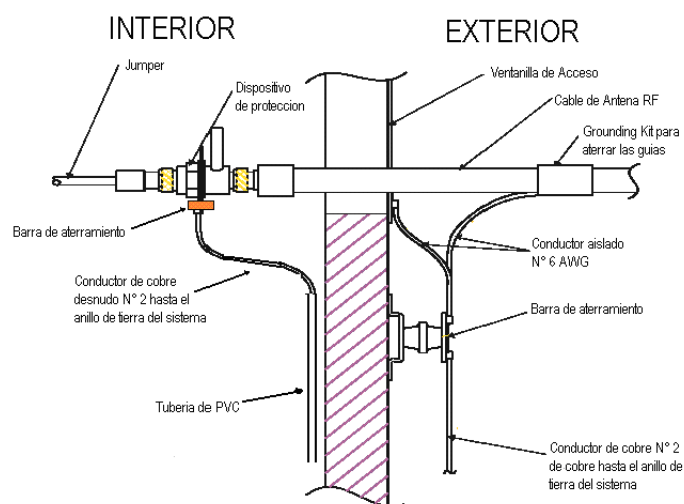


Figura 6.2: Lightning Arrestor

Capítulo 7

PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

7.1. PARARRAYOS

La presencia de una antena y su estructura soporte, puede que no incremente la probabilidad de que caiga un rayo en una localización en particular. Sin embargo, si el sitio o el área circundante es alcanzado por un rayo, la antena y su estructura soporte puede convertirse en el punto focal del rayo. Por lo tanto las consideraciones de puesta a tierra para protección de las estaciones radio eléctricas son extremadamente importantes.

Deben colocarse puntas de pararrayos en la parte más alta de las torres y soportes, las mismas serán de un material adecuado que permitan atraer al rayo sin que este cause algún daño físico a las antenas y equipos que se encuentren en la estructura.

Las puntas de pararrayos deben tener por lo menos 45,72 cm (18 in.) de separación vertical de las antenas o equipos a ser protegidos ubicados en la torre o estructura que las soporten, como se muestra a continuación:

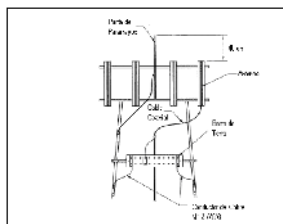


Figura 7.1: Configuración del pararrayos

Debe colocarse un conductor de pararrayos de cobre calibre N° 2 AWG o mayor que esté conectado directamente al anillo de aterramiento de la torre mediante una soldadura exotérmica (Cadweld). El trayecto de este conductor debe ser el más recto posible, y debe evitarse cualquier curvatura indeseada que provoque que el sistema no sea efectivo.

Las canalizaciones metálicas, cubiertas, estructuras y otras partes metálicas, de equipos eléctricos que no transportan corriente, se mantendrán a 1,80 metros de distancia, por lo menos, de las barras y conductores bajantes de puntas de pararrayos, o ellos serán puenteados a los bajantes de pararrayos en los lugares donde su separación es menor a 1,80 metros.

Las líneas de transmisión de las antenas son susceptibles a cualquier descarga producto de un rayo, por su ubicación en exteriores. Es por esto, que las mismas deben estar aterradas correctamente y provistas de un dispositivo de protección de sobrecorriente para evitar que estos picos puedan llegar hasta los equipos.

7.2. TIPOS DE PARARRAYOS

7.2.1. PUNTA FRANKLIN

Su misión es provocar la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia, y derivar a tierra la corriente del rayo.

Entre sus aplicaciones se tiene:

- Facilita la instalación de sistemas de protección externa en todo tipo de estructuras y edificaciones.
- Es el complemento ideal en sistemas de Malla.
- Estadísticamente se ha comprobado que su zona de protección se debe calcular aproximadamente en radio igual a su altura.
- El pararrayos Franklin es el sistema óptimo para proteger edificaciones donde la altura predomina a la superficie

Una instalación típica comprende:

- Una varilla captadora, junto con su mástil.
- Uno o dos bajantes.
- Un desconectador por bajante para la comprobación de la resistencia de la estructura.
- Un elemento protector contra golpes en los dos últimos metros del bajante conductor.
- Una toma de tierra por bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.



Figura 7.2: Pararrayos Fanklin.

7.2.2. PARARRAYOS IONIZANTE

Se fabrica en Bronce o Acero Inoxidable, y esta basado en el efecto de puntas, dieléctrico, e ión corona. Su cobertura es igual o mejor a la punta Franklin, y se asemeja a una semiesfera centrada en el mismo.

- El principio de protección es: partiendo del campo eléctrico ambiente existente en cualquier situación de tormenta, un dispositivo de cebado genera impulsos de alta tensión sobre los electrodos, provocando un efecto corona.
- Produce una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen, la posible descarga eléctrica
- Este efecto consiste en la descarga que se produce entorno a los puntos agudos de un cuerpo cargado a un alto potencial, y se establece la corriente de descarga desde estos puntos a la atmósfera.



Figura 7.3: Pararrayos Ionizante.

7.2.3. JAULA DE FARADAY

El sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captadoras unidas entre sí por cable conductor, formando una malla, y derivarla a tierra mediante una red de bajantes conductores.

- Múltiples puntas captadoras.

- Red de unión de las diversas puntas.
- Una bajante conductora por punta captadora.
- Una toma de tierra por bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.



Figura 7.4: Jaula de Faraday

7.2.4. TENDIDO

Protección formada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura a proteger. Los conductores se deberán unir a tierra mediante las bajantes en cada uno de sus extremos. El área protegida vendrá dada por el área formada por el conjunto de conductores aéreos.

- Uno o varios conductores aéreos.
- Una bajante en cada extremo de los conductores.
- Una toma de tierra por bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

7.3. ARREGLOS DE DISIPACIÓN

7.3.1. EL SISTEMA SPLINE BALL DIVERTER (SBDS)

El Sistema Colector de Spline Ball (SBCS) de LEC, atrae los rayos a las estructuras de soporte de las líneas, de esta manera, se previenen los rayos en el área del claro interpostal y se minimiza el riesgo de un flameo o arqueo entre líneas.

Cuando es aceptable el riesgo de un pequeño número de salidas de operación de una línea, el SBDS de LEC, ofrece una alternativa muy efectiva a menor costo, cuando se compara con otras opciones. Su costo puede ser menos de la mitad, que el de un sistema de hilo de guarda convencional y resulta mucho más efectivo. Satisface con mucho, la alternativa de solución a la protección contra descargas eléctricas atmosféricas directas, sobre líneas de transmisión o distribución. Esto es, previene los rayos tanto en los conductores de fase, como en los hilos de guarda, colectando los rayos en las estructuras de soporte, que de otra manera, ocasionarían la salida de operación.

7.3.2. SISTEMA DISIPADOR DUAL (DDS)

El DDS, está basado principalmente en el DAS, el cual a su vez se basa en el principio del fenómeno de Electrostática conocido como Punta de Descarga. Es un método de descarga de la carga inducida, en un área de la superficie de la tierra, durante el paso de una nube de tormenta sobre esa área. Descargando la carga inducida, se obtiene como resultado, una reducción del voltaje inducido en ese sistema, y en el campo electrostático que está presente entre el Sistema y la Célula de Tormenta (Nube de Tormenta).

Estos campos eléctricos, normalmente alcanzan niveles de entre 10 KV y 30 KV, por metro de elevación sobre el nivel de la tierra y la célula de tormenta durante una tormenta madura.

El DDS, es un sistema de prevención contra rayos muy efectivo, pero su costo puede ser casi el doble de lo que cuesta un Sistema de Hilo de Guarda. Sin embargo, este es el único sistema para prevenir los rayos en un 100 %.

El Sistema Disipador Dual (DDS) previene todos los rayos y las salidas de operación de las líneas, pero es recomendable solamente, cuando el costo se justifique por la inversión,

operación continua, riesgos y otros factores de la instalación que se pretenda proteger.