

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS**

**INORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:
JULIO CESAR ESTRADA RODRÍGUEZ**

PROMOCIÓN 1979 – 2

**LIMA-PERU
2005**

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

*Con mucho cariño lo dedico a mi Esposa Amparo y
mis hijas Kebell y Rocío,
en agradecimiento a su apoyo y comprensión.*

SUMARIO

El presente informa desarrolla el tema “**Mejoramiento del sistema de protección contra descargas atmosféricas**”, en cinco capítulos los cuales se detallan a continuación:

Capítulo I, trata de los aspectos generales del sistema de protección, considerando una caso práctico del mejoramiento de sistema de protección de la estación repetidora de Sayhuapunta-Cusco.

Capítulo II, trata del sistema de tierra, cuya misión es la de dispersar la energía proveniente del rayo en el terreno, por lo que el conocimiento de sus características y comportamiento es de fundamental importancia.

Capítulo III, trata de la metodología de selección de pararrayos, cuya misión es la de capturar al rayo y conducirla en forma segura hacia el sistema de tierra, se analiza los diferentes tipos.

Capítulo IV, trata sobre la función del supresor de transitorios, elemento indispensable para la protección de los equipos electrónicos cada vez más sensibles, se analiza los diferentes tipos, características y comportamiento de cada uno de ellos.

Capítulo V, trata de los resultados de la protección realizada en el mejoramiento del sistema de protección en la Estación repetidora de Sayhuapunta.

INDICE

PROLOGO	1
CAPÍTULO I	
ASPECTOS GENERALES DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS	
ATMOSFÉRICAS	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Mejoramiento del sistema de protección contra descargas atmosféricas	4
1.3. Aplicación en un caso práctico	5
1.4. Descripción del equipamiento	5
1.5. Alternativa de solución	6
CAPÍTULO II	
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	
2.1. Introducción	9
2.2. Normas del marco legal	17
2.3. Métodos de puesta a tierra	26
2.3.1. Requerimiento del sistema de puesta a tierra	26
2.3.2. Conductores de conexión y conductos de protección	27
2.3.3. Electrodo de tierra	29
2.3.4. Barras	30

2.3.5 Placas	31
2.3.6 Electrodo horizontales	33
2.3.7 Electrodo secundarios	33
2.3.8 Barras	35
2.3.8 Planchas	38
2.3.10 Relleno	39
2.3.11 Conexiones	40
2.3.12 Conexiones mecánicas	40
2.3.13 Conexiones bronceados	42
2.3.14 Uniones exotérmicas	42
2.3.15 Conexiones en forma autógena	43
2.3.16 Capacidad de transporte de corriente de falla	44
2.3.17 Facilidades para pruebas e inspección	45
2.3.18 Efectos de la forma, tamaño y posición del electrodo	47
2.3.19 Incremento de profundidad de enterramiento de una Barra vertical en suelo uniforme	47
2.3.20 Incremento de longitud en un conductor horizontal	50
2.3.21 Incremento de la longitud del lado de la plancha	51
2.3.22 Incremento del radio de una barra de tierra	52
2.3.23 Manual de instalaciones de puesta a tierra	53
2.3.24 Evaluación del terreno a trabajar	57
2.3.25 Electrodo tipos dimensiones mínimas	61
2.3.26 Métodos para la reducción de la resistencia eléctrica	63

2.3.27 Mediciones de la resistencia eléctrica	
de las puestas a tierra	70
2.3.28 Sistemas de puestas a tierra CHEN-ROD	72
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE DISEÑO DE PARARRAYOS	
3.1 Introducción	76
3.1.1 Componentes de un sistema de protección	
contra descargas atmosféricas	79
3.1.2 Dispositivos de protección de onda	83
3.1.3 Protección de líneas de potencia contra descargas	
atmosféricas	84
3.1.4 Interferencia eléctrica	87
3.2.1 Acoplamiento resistido	87
3.2.2 Acoplamiento capacitivo	90
3.2.3 Acoplamiento inductivo	92
3.3 Opciones para la selección de pararrayos	96
3.3.1 Opción SBI	96
3.3.2 Opción 1 sistema híbrido colector	96
3.3.3 Opción 2 sistema híbrido disipador	96
3.3.4 Opción DAS sistema híbrido disipador	96
3.3.5 Opción 3 sistema disipador hemisférico	97
3.3.6 Opción 4 sistema DAC tipo trapezoidal	98
3.3.7 Sistema de arreglo de disipación (DAS)	98
3.3.8 Lonizador de esfera erizada (SBI)	100

3.4	Especificación técnica de pararrayos	101
	Tabla de datos técnicos de pararrayos	
	De 12, 21, 60 y 120 kV	108

CAPITULO IV

FUNCIONES DDEL SUPRESOR DE TRANSITORIOS

4.1	Antecedentes	112
4.2	Protección contra impactos directos	115
4.2.1	Sistemas de prevención de ataque	115
4.2.2	Sistema de desviador (SCDS)	115
4.3	Protección contra perturbaciones en el sistema de servicio eléctrico	116
4.4	Comparación de tecnología para TVS: SAD/MOV/STRIKESORB	120
4.5	Mejoras en la protección de equipos contra Transciendes en base a una nueva tecnología de Óxido metálico modificado Reychmen para uso en Supresores de transciende	125
	Módulo de prevención de impulsos para categoría "C" y categoría "B"	129
4.5.1	Definiciones	130
	- Gráficos de módulos de prevención	133

CAPÍTULO V

Resultados del mejoramiento del sistema de protección

5.1	Consideraciones preliminares	135
-----	------------------------------	-----

5.2	Equipamiento después del mejoramiento del sistema protección contra descargas atmosféricas	136
	Conclusiones	138
	Anexos	140
	Bibliografía	141

PRÓLOGO

EL propósito del siguiente informe es lograr el mejoramiento del sistema de protección contra descargas atmosféricas, blindando al edificio, sus ocupantes y el equipamiento de los efectos adversos asociados con una descarga de rayo. Estos efectos podrían provocar fuego, daño estructural e interferencia electromagnética, llegando al daño en el equipamiento o choque eléctrico.

El presente informe desarrolla tres aspectos importantes para la protección contra descargas atmosféricas, que son los siguientes.

1. El Sistema de tierra, cuya misión es la de dispersar la energía proveniente del rayo en el terreno.
2. El Pararrayo. Cuya misión es de capturar al rayo y conducirlo en forma segura hacia el sistema de tierra.
3. Supresor de Transitorios, elemento indispensable para la protección de los dispositivos electrónicos cada vez mas sensibles.

En conclusión el objetivo del presente informe es proporcionar la información necesaria para una elección adecuada del equipamiento de los tres elementos antes mencionados, teniendo en cuenta la variedad que tenemos en el mercado.

Para ilustrar el tema se ha tomado como ejemplo el mejoramiento del sistema de protección en la estación repetidora de Sayhuapunta.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

1.1 Antecedentes

La actividad de descargas atmosféricas representa uno de los principales peligros en las instalaciones de comunicaciones y sistemas de transmisión de energía.

- Debido a que, las fallas atribuibles a rayos o descargas atmosféricas no son siempre indentificables como tal, los diseñadores del sistema de protección frecuentemente descuidan este peligro.
- Existe por lo menos dos factores que tienden a llevar al diseñador o al cliente a tener un sentido falso de lo que es la seguridad.

Estos son:

1. El azar de la actividad atmosférica en la naturaleza, lo que significa que pueden pasar varios años sin que se presente ataques directos o cerca de los equipos de Interés aun cuando lo estimado indique varios ataques al año.
2. Los efectos secundarios no son atribuidos a la actividad atmosférica y pueden atribuirse a fallas aleatorias o incipientes.

El hecho de un impacto solo por si mismo no influye en fallas y, en algunos casos, puede que el riesgo de pérdidas debido a estos efectos secundarios sea mayor.

Para prevenir la pérdida o la degradación de un equipo electrónico como resultado de la actividad de una descarga eléctrica, Quien diseña debe comprender el fenómeno y como es que este ocasiona fallas en los sistemas, para de esta forma seleccionar el apropiado concepto de protección para la causa que lo produjo.

Hay cuatro efectos secundarios que pueden influir en el equipo que está siendo protegido, además del ataque directo en sí mismo.

Estos incluyen:

- Transitorios de corriente de tierra inducida.
- Transitorios de inducción atmosférica
- Transitorios de inducción electromagnéticos.
- Carga latente.

Lo que el diseñador debe tomar en cuenta es:

- La causa.
- Como ingresan los transitorios al sistema a proteger.
- El riesgo versus la selección del nivel de protección.

Debe tenerse en cuenta que el nivel de riesgo de una descarga atmosférica no es número absoluto sino un rango de valores potenciales. Como la corriente de pico puede variar desde 2KA hasta 500 KA, en tan solo nanosegundos.

En la selección de una protección en particular el diseñador ha de seleccionar algún nivel de riesgo que puede ser conocido o no. Obviamente, es mejor conocer a donde uno va y por ello es importante conocer que el nivel de riesgo que uno ha seleccionado es aceptable.

En general se debe proteger contra:

- Los ataques directos a la torre o antenas.
- Transitorios inducidos en el servicio eléctrico.
- Transitorios inducidos en las líneas de comunicación.

Los impactos directos en las torres de transmisión eléctricas, como en las antenas de comunicaciones, cuyas alturas puede variar de 30m. A 120m. , las que se encuentran a mayor altura tienen mayor riesgo de un ataque a la torre o antena.

Sin considerar estadísticas, un ataque puede crear un daño suficiente que puede costar mucho más de lo que se invertiría en prevenir el ataque.

1.2 Mejoramiento de Protección Contra Descargas Atmosféricas

El presente informe desarrolla tres aspectos importantes para la protección contra descargas atmosféricas, que son los siguientes.

1.2.1 El Sistema de Tierra

Cuya misión es la de dispersar la energía proveniente del rayo en el terreno.

1.2.2 El Pararrayo

Cuya misión es de capturar al rayo y conducirlo en forma segura hacia el sistema de tierra.

1.2.3 Supresor de Transitorios

Elemento indispensable para la protección de los dispositivos electrónicos cada vez más sensibles.

En conclusión el objetivo del presente informe es proporcionar la información necesaria para una elección adecuada del equipamiento de los tres elementos antes mencionados, teniendo en cuenta la variedad que tenemos en el mercado ..

Para ilustrar el tema se ha tomado como ejemplo el mejoramiento del sistema de protección en la estación repetidora de Sayhuapunta.

1.3 Aplicación a un Caso Práctico

La estación repetidora de Microondas de Sayhuapunta de telefónica, está ubicado a 5,200 msnm, en una zona distante a 2 horas del distrito de Ocongate, Provincia, de Urcos, en el Departamento de Cusco.

Estación que enlaza Cusco con Puerto Maldonado. El problema en esta repetidora eran las descargas atmosféricas que constantemente dejaban inoperativos las microondas durante la temporada de lluvias que aproximadamente se inicia desde el mes de noviembre al mes de marzo, por lo que era urgente realizar el mejoramiento de protección contra descargas atmosféricas.

1.4 Descripción del Equipamiento Original.

1.4.1 Equipamiento del Suministro de Energía

En la caseta ubicado a 1km debajo de la estación de microondas, a 4700 msnm , el cual da suministro eléctrico con un grupo electrógeno a la estación repetidora de microondas que esta a 5,200 msnm., su equipamiento es el siguiente:

- Un grupo electrógeno de 15 KVA – 220 v; 1 ϕ
- Un tanque de petróleo
- Un transformador de 15KVA – 220 /440 v; 1 ϕ
- Cable NKY – 2x50 mm², que va hasta la estación de microondas(1km)
- Cuatro pozos de tierra con una resistencia de 15 Ω
- Ver detalle en plano 01

1.4.2 Equipamiento en la Estación de Microondas a 5,200 Msnm.

- Un transformador de 440/220v – 15 KVA - 1 ϕ
- Rectificador
- Una torre auto soportada de 60 mt. De altura, de base cuadrangular de 4 mt. De lado.
- 03 pararrayo ionizantes THOR, ubicados a diferentes alturas de la torre (torre de 60 mt)
- Una torre de 20 m. de base triangular, con un pararrayo ionizante THOR.
- Sistema de tierra, con una resistencia mayor de 80 Ω (roca pura).
- Ver detalle en plano 01

1.5 .Alternativas de Solución

En esta parte del informe se analiza las diversas alternativas que tiene el diseñador de elegir el equipo adecuado con la disponibilidad que se tiene en el mercado nacional.

1.5.1. Alternativas de Sistemas de Puesta a Tierra

- a) Varilla vertical
- b) Varilla oblicua
- c) Varilla de un lado
- d) Varilla de dos lados
- e) Varilla de tres lados
- f) De anillo
- g) De red
- h) Varilla vertical y superficial simple
- i) Varilla vertical y superficial doble
- j) Varilla vertical y superficial múltiple
- k) De plancha (vertical y horizontal)
- l) Elemento químico hidrosolta
- m) Barra química Chem-rod, etc.

1.5.2 Alternativas para la Selección de Pararrayos

- a) Pararrayos autovalvula
- b) Pararrayos politmericos Raychem
- c) Pararrayos Array System
- d) Pararrayos Thor con dispositivo de cebado
- e) Pararrayo Ioniflash
- f) Pararrayos Thor aerodinámico ionizante
- g) Pararrayos AC Surge protectors Joslyn
- h) Protectores OBO – Brasil
- i) Protectores Citel Surge protectors
- j) Sistema DAS 100% disipador tipo hemisférico
- k) Sistema DAS 100% tipo trapezoidal
- l) Sistema de disipación DAS al 100%
- m) Ionizador de esfera erizada
- n) Ionizador SB1, Sistema híbrido 80%

1.5.3 Alternativas par la Selección, de Supresores de Transitorios .

- a) Supresor de transitorios Rayvoss
- b) Supresor de Transitorios Brow Boveri

- c) **Supresor de Transitorios The Protector**
- d) **Supresor de Transitorios Efi Electrónicas**

CAPITULO II EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

2. Evaluación del Sistema de Puesta a Tierra

2.1. Introducción

Aún cuando la puesta a tierra constituye una parte intrínseca del 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 ha habido rápidos desarrollos en el modelamiento de sistemas de puesta a tierra, tanto a frecuencia de potencia como superiores, principalmente facilitados por los nuevos recursos y procedimientos computacionales. Esto ha incrementado nuestra 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.

Antes de exponer definiciones, es importante notar que en Europa se tiende a usar el término «earthing», mientras que en Norte América es más común el término «grounding». 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».

Para uso dentro de Europa, el significado permanece si los términos generalmente aceptados se reemplazan como sigue:

«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 masa de la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensiones relativamente grandes que cumple la misma función que la masa de la tierra».

Las razones que más frecuentemente se citan para tener un sistema aterrizado, son:

- 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 las tensiones de ruptura dieléctrica de las aislaciones.
- Hábito y práctica.
- En transformadores de potencia puede usarse aislación graduada.
- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.
- 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, etc.
- 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.

Para desempeñarse adecuadamente cumpliendo cualquiera de las funciones anteriores, el sistema de tierra debe generalmente tener una baja

impedancia, de modo que ya sea dispersando o recogiendo corriente desde el terreno, no se produzca un aumento de voltaje excesivo. Por supuesto en el interior de instalaciones es también necesaria una conexión a tierra, para asegurar la correcta operación del equipo por ejemplo dispositivos electrónicos, donde puede ser necesaria una pantalla a tierra. Es esencial considerar la puesta a tierra en una instalación global como un sistema completo y, por lo tanto, diseñarla e instalarla correspondientemente.

La puesta a tierra de instalaciones eléctricas está relacionada en primer lugar con la seguridad. El sistema de puesta a tierra se diseña normalmente para cumplir dos funciones de seguridad. La primera es establecer conexiones equipotenciales. Toda estructura metálica conductiva expuesta que puede ser tocada por una persona, se conecta a través de conductores de conexión eléctrica. La mayoría de los equipos eléctricos se aloja en el interior de cubiertas metálicas y si un conductor energizado llega a entrar en contacto con éstas, la cubierta también quedará temporalmente energizada. La conexión eléctrica es para asegurar que, si tal falla ocurriese, entonces el potencial sobre todas las estructuras metálicas conductivas expuestas sea virtualmente el mismo. En otras palabras, la conexión eléctrica iguala el potencial en el interior del local, de modo que las diferencias de potencial resultantes son mínimas. De este modo, se crea una «plataforma» equipotencial.

Si una persona está en contacto simultáneamente con dos piezas diferentes de una estructura metálica expuesta, el conductor de conexión eléctrica debiera garantizar que la persona no reciba un choque eléctrico,

haciendo que la diferencia de potencial entre los equipos sea insuficiente para que esto ocurra. El mismo principio se aplica en el interior de grandes subestaciones eléctricas, industrias y casas. En industrias, la conexión eléctrica de estructuras metálicas expuestas garantizará normalmente que una falla eléctrica a la carcasa de la máquina no generará una diferencia de potencial entre ella y la estructura metálica puesta a tierra en una máquina adyacente. En la casa, la conexión eléctrica garantiza que si ocurriese una falla a la cubierta metálica de una máquina lavadora u otro electrodoméstico, cualquier persona que estuviese tocando en el momento de falla simultáneamente uno de estos equipos y el estanque metálico, no experimentaría un choque eléctrico.

La segunda función de un sistema de puesta a tierra es garantizar que, en el evento de una falla a tierra, toda corriente de falla que se origine, pueda retornar a la fuente de una forma controlada. Por una forma controlada se entiende que la trayectoria de retorno está predeterminada, de tal modo que no ocurra daño al equipo o lesión a las personas. La conexión a tierra no es de capacidad infinita e impedancia nula. Sin embargo, la impedancia del sistema de tierra debiera ser lo bastante baja de modo que pueda fluir suficiente corriente de falla a tierra para que operen correctamente los dispositivos de protección, los cuales a su vez provocarán la operación de interruptores o fusibles para interrumpir el flujo de corriente. El diseñador de la protección calcula normalmente el valor requerido de impedancia a través de programas de análisis de fallas y este valor debe comunicarse a los responsables del diseño del sistema de puesta a tierra.

Además, la elevación de potencial que experimentará el sistema de puesta a tierra mientras ocurre la falla, debiera ser limitada a un valor pre-establecido.

Estas son las funciones que el sistema de puesta a tierra debe cumplir, pero se requiere que se adapten a una amplia variedad de problemas diferentes. El primero es una falla convencional, es decir, la aparición de un deterioro en un cable o la ruptura eléctrica de la aislación fase a tierra en una parte de un equipo. El equipo puede estar en una subestación, una industria o la casa. Llamamos a ésta una falla de «frecuencia industrial», ya que la mayor parte de la energía disipada en la falla será a ésta frecuencia (50/60 Hz).

En algunas instalaciones, tales como estaciones transmisoras de radio o televisión, locales donde se rectifica grandes cantidades de potencia o donde se opera bancos de condensadores, la energía estará disponible a frecuencias mayores que la normal. El sistema de puesta a tierra debe diseñarse especialmente para proporcionar una baja impedancia a estas frecuencias.

Muchas instalaciones eléctricas están propensas al riesgo de daño como resultado del impacto de un rayo y se requiere de arreglos especiales para reducir el riesgo involucrado. Un sistema de tierra adecuado es fundamental para esta providencia. Debido a que un impulso de rayo tiene una pendiente de subida escarpada y es una fuente de corrientes de alta frecuencia, nuevamente son necesarios diseños especiales de sistemas de tierra.

Curvas en los conductores de tierra forman una pequeña inductancia, la cual es insignificante a 60 Hz, pero puede crear una alta impedancia a la corriente de rayo. Esto puede ser suficiente para que ocurra descarga de retorno (flashover) y la corriente prefiera fluir a tierra por otros caminos diferentes de la ruta diseñada posiblemente causando un daño significativo en el proceso.

El sistema de puesta a tierra se usa también como un medio para obtener condiciones seguras de trabajo durante algunas faenas de mantenimiento o construcción. Antes de iniciar cualquier trabajo, las plantas que estaban energizadas tienen que ser desconectadas y sus componentes previamente activos tienen que ser conectados a tierra. Esto permite que cualquier energía almacenada sea descargada en forma segura a tierra y ayuda a prevenir la aparición de voltajes peligrosos en el equipo en que se está trabajando (esto podría ocurrir de otra manera debido a inducción, error o falla en el sistema de potencia). En algunas instalaciones industriales, el sistema de puesta a tierra se solicita para descargar continuamente la formación de estática, y así prevenir un riesgo de fuego o explosión. Como ejemplos están las plantas manufactureras de papel o ambientes donde están presentes explosivos o elementos químicos volátiles.

Una concepción errada muy popular es que el sistema de puesta a tierra opera sólo durante condiciones de falla. En realidad, también durante la operación rutinaria cumple ciertos roles vitales. Por ejemplo, muchas alimentaciones de potencia incluyen ahora una conexión a tierra, a través de la cual se dispersan al terreno corrientes residuales y corrientes armónicas.

La creencia sostenida previamente de que estas corrientes podían ser conducidas a tierra sin consecuencias adversas, se reconoce ahora como falsa. Las corrientes que fluyen a tierra, de alguna manera deben retornar a la fuente, formando un bucle cerrado. Estos bucles crearán diferencias de potencial que, aunque pequeñas, causan ruido, zumbido, y posibles daños a equipo electrónico. Este proceso, junto con la creciente cantidad de corrientes armónicas que se inyecta en la red de alimentación pública, es una causa que genera crecientes problemas en la calidad de la potencia. Algunos equipos disponen de pantallas puestas a tierra que operan continuamente para reducir el campo producido fuera de su gabinete o para reducir el impacto de campos generados por la propia operación del equipo.

En los años recientes, varios factores han hecho poner atención en los sistemas de puesta a tierra. Uno es el creciente empleo de cables subterráneos con pantalla plástica, otro el uso de tuberías de agua plásticas. Las tuberías de agua plásticas han tenido un impacto particular en el caso de instalaciones residenciales, afectando las instalaciones de puesta a tierra proporcionadas por las antiguas tuberías metálicas. Se usan ahora cables con pantalla plástica, en lugar de los anteriores tipos que tenían una pantalla de plomo y armadura de acero, en contacto directo con el suelo. Esto ha tenido un efecto perjudicial en la eficiencia total de los sistemas de puesta a tierra y ha impuesto más responsabilidad en los restantes componentes del sistema de puesta a tierra, incluyendo los electrodos de tierra instalados en todas las subestaciones eléctricas. Ahora es más importante que antes

asegurar que el sistema de electrodos esté correctamente diseñado, instalado y mantenido.

Claramente, el sistema de puesta a tierra realiza un amplio rango de funciones similares a través de todas las etapas de suministro de electricidad, es decir, en la central generadora, en las subestaciones eléctricas (en las cuales se modifica el voltaje de alimentación), hasta la instalación eléctrica residencial, oficinas e industrias. El cobre es el material más ampliamente utilizado para estos sistemas de puesta a tierra. Sus propiedades muy bien probadas y ensayadas, de relativamente baja resistencia eléctrica, maleabilidad y buena resistencia a la corrosión, aseguran que es y será el material preferido por muchos años.

2.2. Normas del Marco Legal

2.2.1 Filosofía Subyacente a las Normas

Como regla general, las normas proporcionan los límites de diseño que deben satisfacerse y (conjuntamente con los reglamentos de práctica), explican cómo pueden diseñarse los sistemas de puesta a tierra para ajustarse a ellos. Las normas generalmente incluyen formulaciones para realizar los cálculos necesarios o una guía detallada sobre aspectos prácticos por ejemplo, cómo conectar partes de un equipo o dónde ubicar los electrodos. En este capítulo se describen los fundamentos sobre los cuales se basan los límites de diseño, según la práctica habitual empleada en la alimentación de energía industrial. Los lectores debieran notar que hay diferencias en los límites de diseño dependiendo si se trata de las empresas suministradoras o de los consumidores. Por ejemplo, los límites de voltaje

de choque eléctrico son menores en el interior de instalaciones eléctricas que en subestaciones de empresas eléctricas. Es importante referirse a la norma apropiada para revisar los límites de diseño que se aplican en cada situación.

Originalmente, se estableció la práctica de diseñar los sistemas de puesta a tierra para obtener un cierto valor de impedancia y los electrodos principales se ubicaban usualmente cerca del equipo donde se esperaba que ocurriera la corriente de falla (por ejemplo, transformadores). El cambio más significativo es que ahora los sistemas de puesta a tierra deben ser diseñados para asegurar que los potenciales en su vecindad durante una falla están bajo los límites apropiados. Cuando ocurre una falla a tierra y la corriente fluye al terreno vía el electrodo de tierra, el potencial del electrodo y de cualquier equipo conectado a él, se eleva sobre el potencial real de tierra. El potencial alcanzado bajo condiciones de falla severa puede ser varios miles de voltios. Como la corriente de falla a tierra fluye en el terreno que rodea al electrodo, el potencial en el suelo y en su superficie se elevará. Desplazándose lejos del sistema de electrodos, hacia un punto remoto, el potencial se reducirá progresivamente, hasta eventualmente llegar al potencial real de la tierra. Esta situación se muestra en la Figura 2- 1, donde se ha ilustrado en tres dimensiones la elevación del potencial en la superficie del suelo, en torno a una barra de tierra única vertical. La figura intenta explicar los potenciales involucrados, en una forma semi-estructural.

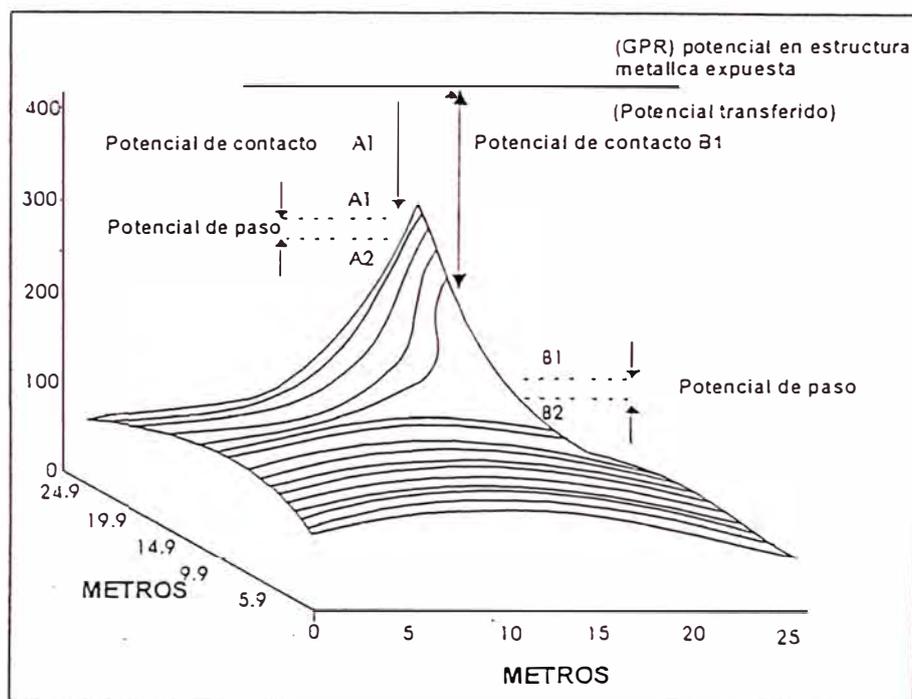


Figura: 2-1

**Potenciales De Contacto, de Paso y Transferidos
en Tomo a una Barra De Tierra**

La Figura 2-1 muestra que la tasa de reducción del potencial en la superficie del suelo, o gradiente de potencial, es mayor cerca de la barra y se reduce al alejarse a un punto remoto. Imaginemos que una persona está caminando alejándose de la barra en línea recta hacia la tierra remota (de referencia), es decir, bajando la pendiente de potencial, tomando pasos igualmente espaciados. La diferencia de potencial entre los pies debería ser mayor cerca de la barra (por ejemplo, en la posición A1, sería la diferencia de

potencial entre los puntos A1 y A2) y se reduciría rápidamente con cada paso sucesivo (por ejemplo, es menor en la posición B1, con la diferencia de potencial entre los puntos B1 y B2) hasta anularse a alguna distancia mayor. Este efecto es reconocido en las normas y es la base del concepto de «potencial de paso», que es la diferencia de potencial entre dos puntos sobre la superficie del suelo, separados un metro. La situación descrita para una barra única es similar a aquella definida para todo un sistema de electrodos y el potencial de paso es más alto en el área inmediatamente próxima a los electrodos enterrados en condiciones de suelo uniforme. El potencial de paso es una cantidad direccional y se requiere de un cálculo para encontrar el mayor valor en un radio total de 360 grados.

Hemos reconocido que el potencial en la superficie del suelo difiere según la posición con respecto al sistema de electrodos. Esto tiene implicancias para el segundo tipo de diferencia de potencial, el «potencial de contacto». Mientras la corriente de falla fluye a través de la impedancia del sistema de puesta a tierra, todos los metales expuestos conectados a éste experimentan un alza de voltaje. Para sistemas pequeños, se supone un mismo valor en todo el armazón metálico y se refiere a él como la «Elevación de Potencial de Malla» (*Grid potential Rise*). En el ejemplo mostrado en la Figura 2-1, esta elevación de potencial de malla es aproximadamente 420 V. El potencial en un punto sobre la superficie del suelo será inferior a este valor, en una cantidad que depende de la profundidad de enterramiento del electrodo y de su separación horizontal. Si una persona está en contacto con el armazón metálico expuesto y está

parada sobre el suelo, entonces sus manos estarán al mismo potencial que el electrodo mientras que sus pies estarán a un potencial menor. Esta diferencia de potencial será menor si sus pies están directamente sobre la barra enterrada y aumenta si se mueve alejándose., Por ejemplo la Figura 2-1 muestra que el voltaje de contacto es significativamente mayor en la posición B 1 que en la posición A1. El potencial de contacto es normalmente el potencial que dicta el diseño del sistema de electrodos de tierra, en el interior de una subestación abierta (a la intemperie) y será mayor en áreas más alejadas de los electrodos enterrados, donde es aún posible tocar un conductor metálico expuesto. Es importante asegurar también, que no se manifieste una diferencia de potencial entre manos, cuando están en contacto simultáneo con diferentes equipos.

Finalmente, si llega cerca de la barra un cable aislado que está conectado a la tierra remota o de referencia, la diferencia de potencial entre el cable y la barra se llama el «potencial transferido». El mismo potencial transferido podría presentarse si un cable aislado conectara la barra a un punto remoto, donde estuviera presente un armazón metálico conectado al sistema de electrodos de tierra remota (referencia). El mayor valor de potencial transferido es el potencial del electrodo, que corresponde al valor normalmente utilizado en los cálculos. Actualmente, los límites de potencial transferido están establecidos por la reglamentación de telecomunicaciones. Estos son 430 V y 650 V en el Reino Unido, por ejemplo, dependiendo del tipo de instalación; sobre estos valores se requieren precauciones adicionales.

Que una persona esté expuesta a cualquiera de estos potenciales es un riesgo que depende de diversos factores, incluyendo la elevación de potencial de electrodo (o malla). Las normas intentan tomar en cuenta estos factores y establecer límites, bajo los cuales el diseño se considera aceptable. El mayor riesgo de estos potenciales es que ellos sean suficientes para provocar un choque eléctrico que provoque fibrilación ventricular del corazón. Para llegar a los límites actuales fue necesario predecir la proporción de corriente que fluye en la región del corazón y luego establece límites basados en su magnitud y duración. Se puede usar, por ejemplo, las curvas C1 y C2 de la norma IEC 479-1, 1989 (International Electrotechnical Committee, *Effects of Current Passing Through the Human Body*). Estas curvas ilustran la corriente que provoca fibrilación ventricular en el ser humano, para diferentes tiempos de duración y para dos niveles de probabilidad.

Los límites de diseño se han establecido como voltajes y para llegar a los límites apropiados, es necesario considerar la impedancia a través del cuerpo humano, la resistencia de contacto de la mano, la resistencia del calzado y la resistividad del material superficial bajo el calzado. Todos estos factores se toman en consideración en las normas y se ha incluido la Figura 2-2 para ilustrar límites típicos suponiendo 100 ohm-metro la resistividad del suelo superficial, una impedancia de 1000 ohms para el ser humano, 4000 ohms de impedancia para el calzado y una resistencia de contacto de 300 ohms. De la Figura 2-2 es evidente que puede tolerarse un voltaje

relativamente alto por cortos períodos de tiempo. Existen actualmente diferencias entre los límites establecidos en diferentes Normas.

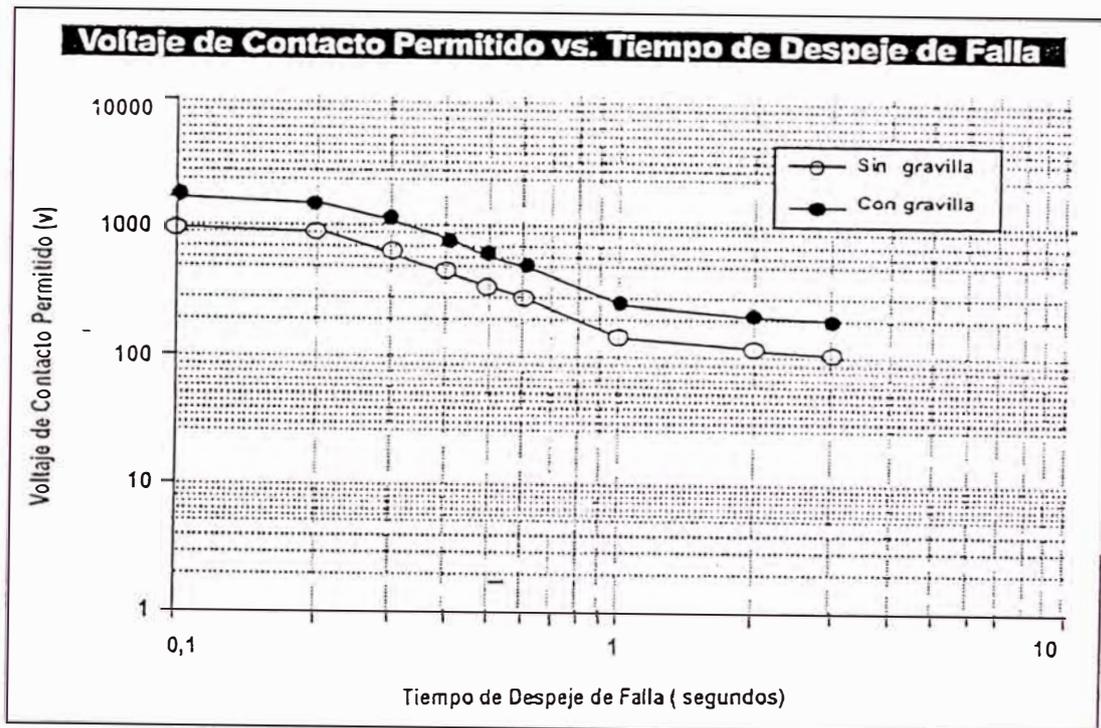


Figura. 2-2

Potencial de contacto permitido de acuerdo a EA-TS-41-24

Al diseñar el sistema de tierra, el especialista debiera usar las fórmulas y técnicas descritas en las normas o reglamentos para lograr un diseño que tenga potenciales de contacto inferiores a los límites aplicables.

2.2.2 Disposiciones Reglamentarias en el Perú.

La autoridad administrativa sectorial en el área eléctrica tiene a su cargo el Código Nacional de Electricidad como instrumento de Normativa

Técnica, cuya aplicación de pautas y recomendaciones se considera para el otorgamiento de Licencias de Construcción por parte de las Municipalidades, con la participación de organismos especializados como el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP).

a) El Código Nacional de Electricidad

Compendio de Normas, Recomendaciones y Procedimientos que permiten, entre otros, cautelar la seguridad de las personas contra el peligro del uso de la electricidad; la versión a Mayo de 1,978 consta de cinco tomos, orientados a subsistemas, en ellos se privilegia la conexión a tierra; empezando por el Tomo 1, Capítulo 3, Título 3.5. 1, Inciso e) que considera requisito mínimo de seguridad contra accidentes eléctricos, la conexión a una toma de tierra de todas las masas de una misma instalación.

b) Licencias de Construcción

Mediante el Decreto Supremo N' 25-94, emitido el 07.12.94, se encarga a las Municipalidades el otorgamiento de Licencias de Construcción, el control de las mismas y la Conformidad de Obra de toda Edificación dentro de la jurisdicción Municipal; proponiendo asimismo los organismos que intervienen en la aprobación y los documentos técnicos a ser examinados, entre los cuales se cuentan los planos de Instalaciones Eléctricas según prescripciones del Código Nacional de Electricidad.

c) Las Normas Técnicas Peruanas

El INDECOPI, en su calidad de Organismo Peruano de Normalización, instaló el 08 de julio de 1998 el Comité Técnico

Especializado de Seguridad Eléctrica - Sistema de Conexión a tierra, encargado de la elaboración de las Normas Técnicas Peruanas.

Las normas fueron aprobadas en el Diario Oficial El Peruano el 11 y 13 de diciembre de 1999 según Resolución de la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0062 y 0064-1999/INDECOPI-CRT.

NTP 370.052:1999 SEGURIDAD ELÉCTRICA. Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra, 11 Edición el 13 de diciembre de 1999.

NTP 370.053:1999 SEGURIDAD ELÉCTRICA. Elección de los materiales eléctricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra. Conductores de protección de cobre, 11 Edición el 13 de diciembre de 1999.

NTP 370.054:1999 SEGURIDAD ELECTRICICA. Enchufes y tomacorrientes con protección a tierra para uso doméstico y uso general similar, la Edición el 11 de diciembre de 1999.

NTP 370.055:1999 SEGURIDAD ELECTRICICA. Sistema de puesta a tierra. Glosario de términos, la Edición el 13 de diciembre de 1999.

NTP 370.056:1999 SEGURIDAD ELECTRICICA. Electrodo de cobre para puesta a tierra, la Edición el 13 de diciembre de 1999.

2.2.3 Disposiciones Internacionales

En el ámbito internacional, es muy conocido y empleado el grupo de estándares del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers):

a) Sistemas de Puesta a Tierra

ANSI / IEEE Std. 81: 1983, Guía para la medición de Resistencias de Tierra, Impedancias de Tierra y Potenciales de Superficie de Tierra en Sistemas de Aterramiento.

b) Instalaciones domiciliarias, comerciales e industriales.

ANSI C 1 14.1-1973 / IEEE Standard 142-1972 IEEE Práctica recomendada para Aterramientos de Sistemas de Potencia Industriales y Comerciales.

c) Subestaciones eléctricas de media y alta tensión

ANSI / IEEE Standard 80-1986

IEEE Guía para Seguridad en Aterramientos de subestaciones AC.

Norma USA que cubre aspectos técnicos y de diseño. Incluye modelamiento de terreno, distribución de corriente de falla, ejemplos trabajados y consideraciones especiales, por ejemplo, subestaciones encapsuladas (GIS). Esta Norma se considera generalmente rigurosa en su aproximación.

d) Directivas CCITT

Involucran, principalmente, interferencias electromagnéticas en cables, generadas por sistemas de potencia y rieles electrificados.

2.3 Métodos de puesta a tierra

2.3.1 Requerimientos del sistema de puesta a tierra

La función del sistema de puesta a tierra es doble:

- Proporcionar un camino de impedancia suficientemente baja, vía los conductores de tierra, de regreso a la fuente de energía, de tal modo que

ante el evento de una falla a tierra de un conductor activo, fluya por una ruta predeterminada una corriente suficiente, que permita operar al dispositivo de protección del circuito.

- Limitar a un valor seguro la elevación de potencial en todas las estructuras metálicas a las cuales tienen normalmente acceso personas y animales, bajo condiciones normales y anormales del circuito. La conexión conjunta de todas las estructuras metálicas normalmente expuestas, previene la posibilidad de una diferencia de potencial peligrosa que surja entre contactos metálicos adyacentes ya sea bajo condiciones normales o anormales. Hay dos tipos principales de conductores de tierra: los conductores de protección (o de conexión) y los electrodos de tierra.

2.3.2 Conductores de conexión y conductores de protección

En las reglamentaciones, se han planteado diversas definiciones para describir los diferentes tipos de conductores de tierra usados.

Conductor de protección de circuito

Este es un conductor separado instalado con cada circuito y está presente para asegurar que parte o toda la corriente de falla regrese a la fuente a través de él. Puede ser un conductor individual, la cubierta metálica exterior de un cable o la estructura de un ducto metálico.

Conductores de conexión

Estos conductores aseguran que las partes conductivas expuestas (tales como carcasas metálicas) permanezcan aproximadamente al mismo

potencial durante condiciones de falla eléctrica. Las dos formas de conductores de conexión son:

Conductores de conexión equipotencial principales, que conectan entre sí y a tierra, partes conductivas expuestas que normalmente no llevan corriente, pero podrían hacerlo bajo una condición de falla. Estas conexiones normalmente unen al sistema de puesta a tierra tuberías metálicas de gas y agua expuestas que ingresan a la instalación, estructura metálica del edificio y servicios principales. En el interior de instalaciones, estas conexiones deben ser de un cierto tamaño mínimo (al menos 6 mml) y generalmente no necesitan ser mayor que 25 mml en cobre.

Nota: A las tuberías que ingresan a una instalación, debe incorporársele un acoplamiento aislante en el punto de ingreso, para evitar potenciales transferidos.

Conductores de conexión suplementarios, son para asegurar que el equipo eléctrico y otros items de material conductivo en zonas específicas estén conectados entre sí y permanecen sustancialmente al mismo potencial. Se usan en adición a los conductores de conexión equipotencial principales y conductor de protección de circuito.

En el interior de subestaciones eléctricas, los conductores de conexión y de tierra necesitan ser de tamaño suficiente ya que ellos pueden llevar una buena cantidad de corriente de falla hasta por tres segundos, sin daño. La tabla más abajo muestra algunos de los más comunes tamaños de cinta usada tanto para conexiones como para electrodos enterrados. El nivel de corriente mostrado es aquél calculado de acuerdo a una temperatura

ambiente de 301 Celcius, duración de falla de 3 segundos y temperaturas máximas de 375°C y 295°C para el cobre y el aluminio respectivamente. Se aplica una formulación diferente de acuerdo a la situación, de modo que siempre debiera consultarse las normas antes de asignar un nivel de corriente. También debiera hacerse alguna estimación respecto de pérdida de material por corrosión a lo largo de la vida de la instalación.

Máxima corriente kA	Sección de cinta (mm) Cobre	Sección de Cinta (mm) Aluminio
12.0	4 x 25	4 x 40
18.5	4 x 40	6 x 40
22.0	4 x 50	6 x 50

Para conductores de conexión, es esencial que el tamaño escogido del conductor sea capaz de llevar el valor total de la corriente de falla estimada. Si ocurre una falla, la totalidad de la corriente de falla puede fluir a través del conductor de tierra hacia el sistema de electrodos enterrados. Al llegar ahí se diversificará entre los electrodos, por lo tanto, éstos pueden a menudo tener una sección menor que el conductor de conexión o de tierra principal.

2.3.3 Electrodo de tierra

El electrodo de tierra es el componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno y así proporciona un medio para botar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra. En sistemas puestos a tierra se requerirá normalmente llevar una corriente de falla bastante grande por un corto período de tiempo y, en consecuencia, se necesitará tener una sección suficientemente grande como para ser capaz de llevar esta corriente en forma segura. Los electrodos deben tener

propiedades mecánicas y eléctricas adecuadas para continuar respondiendo las sollicitaciones durante un periodo de tiempo relativamente largo, en el cual es difícil efectuar ensayos reales o inspección. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no corroerse dentro de un amplio rango de condiciones de suelo. Los materiales usados incluyen cobre, acero galvanizado, acero inoxidable y fierro fundido. El cobre generalmente es el material preferido por las razones que se describirán posteriormente. El aluminio se usa algunas veces para conexiones fuera del terreno, pero la mayoría de los estándares prohíben su uso como electrodo de tierra debido al riesgo de corrosión acelerada. El producto corrosivo crea una capa de óxido disminuyendo la conductividad y reduciendo la efectividad de la puesta de tierra.

2.3.4 Barras

Esta es la forma más común de electrodos, porque su costo de instalación es relativamente barato y pueden usarse para alcanzar en profundidad, suelo de baja resistividad, sólo con excavación limitada y relleno. Están disponibles en diversos tamaños, longitudes, diámetros y materiales. La barra es de cobre puro o de acero recubierto de cobre. El tipo recubierto se usa cuando la barra se entierra por medios mecánicos (impacto) ya que el acero usado tiene alta resistencia mecánica. La capa de cobre debe ser de alta pureza y aplicada electrolíticamente. Esto último asegura que el cobre no se deslice al enterrar la barra. En condiciones de suelo más agresivo, por ejemplo cuando hay alto contenido de sal, se usan barras de cobre sólido. Barras de acero inoxidable son más anódicas que el

cobre y se usan ante riesgo de corrosión galvánico. Sin embargo, debe considerarse el hecho que el acero inoxidable tiene baja capacidad de transporte de corriente en comparación con el cobre.

En cada extremo de la barra hay sectores tratados que permiten disponer de un extremo aguzado, un extremo con una cabeza endurecida o con hilo para atornillar barras adicionales. Es importante en el caso de barras recubiertas, que la capa de cobre se mantenga intacta en la sección fileteada (con hilo). Algunos fabricantes también tienen una barra taladradora de cabeza de cruz, que es particularmente útil si los acoplamientos de barra tienen un diámetro mayor que la barra. Se asegura que este tipo de cabeza permite enterrar hasta mayor profundidad. Las barras están disponibles en diámetros de 15 mm a 20 mm (cobre sólido) y 9,5 a 20 mm (acero recubierto de cobre). Las barras individuales tienen longitudes de 1, 2 a 3 metros.

También se dispone de secciones apantalladas de barra para uso, por ejemplo, cuando hay una capa de suelo altamente corrosivo, a través de la cual debe atravesar una barra profunda. La pantalla debe ser por ejemplo de PVC para prevenir contacto entre la barra y el suelo corrosivo. Por supuesto esta sección no contribuye a reducir el valor de impedancia, puesto que no está en contacto con el suelo.

2.3.5 Placas

Se usa varios tipos de placas para propósitos de puesta a tierra, pero el único tipo que se considera generalmente como electrodo debe ser sólido y de tamaño sustancial. Las placas tipo enrejado, como se ilustra en la

Figura 2.3, se usan para graduar potenciales y no se espera que permitan el paso de niveles de corriente de falla significativos. Se hacen normalmente de una malla de cobre o de acero.

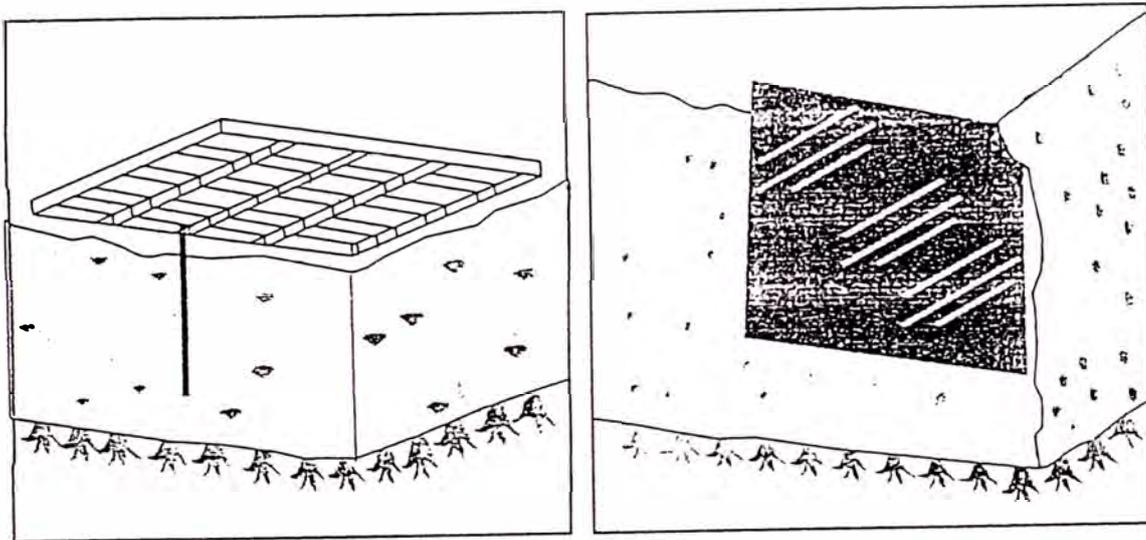


Figura 2.3

Placas de tierra (cortesía A N Waltis and Co.)

Los electrodos de placa son de cobre o de fierro fundido. Las planchas de fierro fundido tienen un mínimo de 12mm de espesor y son cuadradas de 915 ó 1220 mm por lado. Las planchas de cobre son típicamente cuadradas de 600 mm ó 900 mm de lado y entre 1,6 mm y 3 mm de espesor.

Cuando se usan varias planchas, deben instalarse a cierta distancia para prevenir una interacción. Esta distancia es mínimo de 2 m extendiéndose hasta 9 m.

2.3.6 Electrodo Horizontales

Están hechos de cintas de cobre de alta conductividad o conductores retorcidos (cables). La cinta es el material más conveniente pues para una sección dada de material presenta una mayor superficie y se considera que tiene un comportamiento mejor a alta frecuencia, debido a la capacitancia levemente mayor a tierra. Puede ser más difícil de conectar (por ejemplo a barras verticales), de modo que puede significar un costo de instalación levemente mayor.

Para reducir costos globales, la cinta se puede usar para los electrodos que llevarán la mayor corriente (por ejemplo electrodos del perímetro y conexiones principales a los equipos) mientras que el conductor retorcido puede usarse en otra parte. La cinta que se instala bajo tierra es totalmente recocida de modo que puede ser plegada fácilmente.

Para conexiones exteriores al terreno están disponibles cinta cubierta de PVC, conductores sólidos o retorcidos. También se dispone de cinta de cobre cubierta de plomo o estaño para aplicaciones especiales.

2.3.7 Electrodo Secundarios

Existen algunos tipos interesantes de electrodos secundarios, cuyo propósito es mejorar el comportamiento de un electrodo de tierra. Ellos incluyen pozos de tierra y embalses de terreno.

Un pozo de tierra puede comprender varias tuberías largas enterradas verticalmente en el suelo. Están conectadas entre sí y rodeadas por un material de baja resistividad.

Un embalse de tierra es típicamente una cavidad en una ubicación donde se pueda mantener la humedad, que está llena con desechos metálicos y otro material conductivo.

Un ejemplo de electrodo secundario consiste de un tubo de cobre de 50 mm de diámetro, disponible en longitudes de hasta 6 metros. El cañón interior se llena parcialmente con sales metálicas en bruto y los extremos superior e inferior del tubo se sellan con tapas. Se perfora el tubo en la parte superior para ventilación y también para drenaje en la parte inferior. El material de relleno recomendado es Bentonita (Vea la sección 14.2 para una descripción de este material).

El dispositivo Funciona del Siguiete Modo

Producto de los cambios en la presión atmosférica y del movimiento natural del aire, se bombea aire a través de los huecos de ventilación, en la parte superior del tubo. La humedad existente en el aire absorbido entra en contacto con la sal y se forman gotas de agua vía un proceso higroscópico. Al acumularse la humedad, se forma una solución electrolítica que escurre hacia la parte inferior del tubo.

Con el tiempo se forma suficiente electrolito el cual fluye a través de las perforaciones inferiores de drenaje hacia el suelo circundante, mediante osmosis. De este modo, el electrolito forma «raíces» en el terreno que lo rodea, las cuales ayudan a mantener su impedancia en un nivel bajo.

2.3.8 Barras

Las barras generalmente ofrecen la forma más conveniente y económica de instalar un electrodo. A menudo se requiere modificar poca superficie (tal como romper superficies de concreto), pero por supuesto es necesario inspeccionar para asegurarse que no hay equipo o instalaciones enterradas -tales como tuberías de agua o gas que puedan ser dañadas al enterrar las barras. Los métodos de instalación incluyen accionamiento manual, accionamiento mecánico y perforadora. Las barras cortas (típicamente hasta 3 metros de largo) se instalan a menudo empleando un martillo pesado (combo) operado manualmente. Los golpes relativamente cortos y frecuentes son más efectivos normalmente. Las barras están acondicionadas con una cabeza endurecida y una punta de acero para asegurar que la barra misma no se dañe durante el proceso.

Las barras más largas se manejan en forma similar, pero usando un martillo neumático que requiere mucho menos esfuerzo físico y proporciona una inercia directa mayor. Se usan también exitosamente para este propósito herramientas eléctricas, a petróleo, hidráulicas de aceite o aire. Debido a su peso, estas herramientas algunas veces requieren de un aparejo para sostenerlas. Un martillo eléctrico típico podría tener un consumo de 500 Watts y proporcionar aproximadamente 1500 golpes por minuto. Es posible enterrar barras hasta una profundidad de 10 metros o más usando este método, dependiendo por supuesto, de las condiciones reales del suelo. Se ha informado también que barras hasta 30 metros han sido instaladas de esta manera, pero no se sabe cuán derechas quedaron.

Se sabe que algunas veces se doblan y quiebran a cierta profundidad. El tiempo que demora instalar la barra varía con el tipo de suelo. Por ejemplo, en arena o gravilla suelta, la tasa de penetración de una barra de 11 mm de diámetro puede ser 3,5 metros por minuto, pero ésta cae a 0,5 metros por minuto en arcilla firme.

El diámetro de la barra es el principal factor que incide en el esfuerzo necesario para instalarla. Las barras delgadas (9 mm de diámetro) se instalan relativamente fácil, pero a medida que la longitud de la barra aumenta, el diámetro de la barra debe incrementarse para asegurar que la barra tenga suficiente resistencia mecánica-particularmente en los puntos de unión. Al doblar el diámetro de la barra de 12 mm a 24 mm, aumenta la resistencia mecánica para impacto en más de tres veces. Cuando las barras tienen que ser muy profundas, normalmente son soldadas o acopladas mecánicamente. El acoplamiento debe ser tal que el diámetro de la barra no se incremente significativamente, de otro modo la instalación se dificultará y al penetrar la unión se producirá un espacio con un diámetro mayor que el de la barra. El acoplamiento debiera también apantallar la sección tratada, para ayudar a prevenir la corrosión.

Las barras de acero recubiertas de cobre son significativamente más resistentes que las barras de cobre sólido, las cuales se doblan muy fácilmente y pueden quebrarse cuando se intenta introducirlas en el suelo rocoso.

Cuando se requiere barras más profundas o en condiciones de suelo difícil donde hay roca subyacente, la forma más efectiva es taladrar una

perforación estrecha en la cual se instala el electrodo de barra con material de relleno adecuado. Este método es a menudo sorprendentemente económico, ya que puede realizarse un número significativo de perforaciones profundas en un día usando equipo de bajo costo. Las barras pueden instalarse en forma rutinaria a profundidades de hasta 20 metros y con equipo más especializado a una profundidad significativamente mayor. Además de las ventajas de obtener una gran profundidad y una trayectoria más controlada del electrodo, otro beneficio es que de esta manera puede instalarse electrodos de cobre sólido relativamente delgados.

Debido a que la barra de cobre sólido tiene una mejor conductividad que la barra recubierto de cobre, esto mejora aún más el beneficio obtenido por el uso de barras largas. Si se entierran mecánicamente a dicha profundidad, las barras necesitarían ser de mucho mayor diámetro y puede ser necesaria una barra de acero recubierto de cobre para proveer la resistencia mecánica adecuada. En el pasado se usaron varias formas diferentes de sección, tales como sección transversal en forma de estrella, para incrementar la resistencia de la barra y hacer menos probable que se doblara en suelo rocoso. Sin embargo, no están disponibles ahora. La forma diferente sólo tiene un efecto marginal sobre la resistencia eléctrica obtenida, pero podría requerir menos material para la misma área superficial.

Las barras verticales largas pueden proporcionar una solución económica en muchas situaciones.

Existe también equipo disponible que usa conductor de cobre retorcido enterrado en profundidad para provocar un efecto similar al de una

barra convencional, pero evita uniones mecánicas. Una barra de acero se entierra, arrastrando el conductor retorcido detrás de ella. Con el tiempo, el acero probablemente se corroa, dejando sólo al conductor de cobre como electrodo permanente.

2.3.9 Planchas

Originalmente, a comienzos de siglo, las planchas eran tan comunes que a todos los electrodos de tierra se les llamaba planchas de tierra. Cuando se incremento el uso de la electricidad, las planchas debieron manejar corrientes mayores, lo cual significó aumentar las dimensiones de la plancha. Su uso continuó por un tiempo considerable, principalmente debido a la costumbre y la práctica, a pesar de que tenían algunas desventajas. Por ejemplo, generalmente requieren excavación manual o mecánica y, por lo tanto, el costo de instalación puede ser muy alto. Para reducir la magnitud de la excavación requerida, las planchas se instalan normalmente en un plano vertical, desde aproximadamente 0,5 metros bajo la superficie. Es fácil compactar el terreno contra la plancha cuando se rellena, si está instalada verticalmente. Otra desventaja se debe a la ubicación escogida para las planchas de tierra. A menudo se ubicaban demasiado próximas entre si y sus zonas de influencia se traslapaban. Esto aumenta la resistencia combinada a un valor mayor que el esperado. Si las planchas tienen que llevar una cantidad importante de corriente, entonces su resistencia necesita ser de bajo valor. En la práctica, las resistencias combinadas no eran aún lo suficientemente bajas y las corrientes de falla generalmente seguían otras rutas. Por lo tanto, en esta situación no se

cumplía la mejor densidad de corriente, señalada como una ventaja para las planchas. Usualmente podía lograrse un arreglo mejor usando barras y electrodos horizontales.

Debido al costo de instalación relativamente alto, poco se justifica usar planchas ahora y las existentes, cuando se detecta deterioro, son reemplazadas normalmente por una agrupación de barras.

2.3.10 Relleno

En todos los casos, el material de relleno debe ser no corrosivo, de un tamaño de partícula relativamente pequeño y si fuera posible, que ayude a retener la humedad. Muy a menudo, el material previamente excavado es apropiado como relleno, pero debiera ser armado para remover piedras antes de rellenar, asegurándose de que quede bien compactado. El suelo debiera tener un índice de pH entre 6,0 (ácido) y 10,0 (alcalino) . La arcilla dura no es un material de relleno conveniente ya que si es fuertemente compactada, puede llegar a ser casi impermeable al agua y podría permanecer relativamente seca. También puede formar grandes terrones que no se afianzan alrededor del conductor.

Los materiales que no debieran ser usados como relleno incluyen arena, polvo de coque, ceniza, muchos de los cuales son ácidos y corrosivos.

En algunas circunstancias, se requiere materiales de relleno especiales, Los materiales disponibles, y las recomendaciones respecto de su uso se incluyen en el capítulo 14.

2.3.11 Conexiones

Los electrodos de tierra tienen que ser conectados entre si de alguna manera y es normal que sea vía cobre desnudo si es posible, ya que esto ayudará a reducir el valor de impedancia global. Las conexiones entre los diferentes componentes deben ser mecánicamente robustas, tener buena resistencia a la corrosión y baja resistividad eléctrica. Es prudente evitar uniones y conexiones innecesarias. Debe considerarse el valor de corriente de falla y la duración de la falla que se espera que soporte el sistema de tierra. Varios estándares indican especificaciones para los materiales que son mínimos aceptables, por ejemplo, establecen que las coplas para barras de cobre necesitan un contenido mínimo de cobre de 80%. A continuación se explican en más detalle los métodos de unión que se emplean, incluyendo métodos mecánicos, bronceados (soldadura en fuerte), soldadura exotérmica y soldados por fusión autógena.

2.3.12 Conexiones Mecánicas

Se usan comúnmente y pueden ser mecánicas (conexión apornada) o hidráulicas (compresión). Los conectores deben satisfacer los requerimientos de los estándares aplicables. El proceso de probar el cumplimiento de las normas involucro habitualmente una serie de pruebas de vida durante las cuales el conector es sometido a impactos mecánicos, eléctricos y térmicos. En consecuencia son factores importantes el diseño, tamaño y material usado particularmente ya que tales conectores pueden permanecer invisibles en el terreno por cierto número de años, antes de que sean solicitados para operar. Es esencial una conexión eléctrica de baja

resistencia, especialmente en sistemas de electrodos del tipo radial. Durante la manutención, se han descubierto conexiones con resistencia de más de 20 ohms. Claramente, esto perjudica el comportamiento del sistema de electrodos.

Cuando se apernan entre sí cintas de cobre, debe tenerse cuidado con el tamaño de las perforaciones efectuadas para acomodar el perno. Si son demasiado grandes, la capacidad de transporte de corriente de la cinta se perjudicará. Por esta razón, los estándares y reglamentos de práctica normalmente limitan el diámetro de la perforación a un tercio del ancho de la cinta o menos.

Cuando se apernan metales diferentes (por ejemplo cintas de cobre y aluminio), las superficies deben ser minuciosamente limpiadas y protegidas por un inhibidor de óxido. Una vez efectuada la conexión, el exterior debe ser cubierto por pintura bituminoso u algún otro medio para proteger contra el ingreso de humedad. Cuando se une cobre y aluminio, el cobre primero debe ser estañado. Una unión apernada de este tipo es actualmente el método recomendado preferentemente en los estándares para conectar metales diferentes, en el caso de instalaciones exteriores y en subestaciones eléctricas. Estas conexiones deben estar a una mínima distancia sobre tierra y no pueden ser enterradas.

Para unir distintos tipos de conductores, por ejemplo, barras de tierra a cinta o cable, se dispone de abrazaderas apropiadas. Estas deben tener un alto contenido de cobre. No deben usarse bandas metálicas.

En alguna oportunidad se usó uniones de tipo estañado y remachado. La cinta de cobre se perforaba, luego era estañada y remachada. Sin embargo, los remaches algunas veces se rompen y sueltan debido a vibración, etc. Este método de unión claramente no es recomendado para tratar los altos valores de corriente de falla encontrados ahora.

2.3.13 Conexiones Bronceadas (soldadas en fuerte)

La conexión bronceada se aplica ampliamente al cobre y aleaciones de cobre. Este método tiene la ventaja de proporcionar una baja resistencia de unión la cual no se corroe. Actualmente, es el método preferido descrito por los estándares para conectar cintas de cobre en el interior de subestaciones. Sin embargo, es esencial que el bronceado sea efectivo. Puede ser difícil hacer una buena unión en terreno, particularmente donde están involucradas grandes áreas de sección transversal. Son esenciales las superficies planas limpias pues los materiales de bronceado generalmente no fluyen como la soldadura. Existe así la posibilidad de conexiones adecuadas sólo en los puntos de contacto, pero con vacíos importantes que quedan sin llenar. Para este trabajo es esencial una buena fuente de calor, particularmente para conectores grandes.

2.3.14 Uniones Exotérmicas

Estas uniones se realizan mediante un molde de grafito que se diseña para ajustar el tipo específico de unión y el tamaño de los conductores. Usando una pistola con pedernal se enciende una mezcla de polvo de aluminio y de óxido de cobre y la reacción que se crea forma una unión de cobre virtualmente puro en torno a los conductores. La reacción de alta

temperatura se produce en el interior del molde de grafito. Si se ocupa y mantiene adecuadamente, cada molde puede usarse para realizar entre 50 y 70 uniones. Este tipo de unión asegura los siguientes beneficios:

- Proporciona una unión permanente, de baja resistencia eléctrica y resistente a la corrosión.
- La técnica empleada no requiere adiestramiento, relativamente.
- Puede operar a alta temperatura, permitiendo eventualmente reducir el calibre del conductor.

Este tipo de unión actualmente no es siempre permitida para conectar cobre y aluminio en subestaciones. Los metales que pueden conectarse son acero inoxidable, bronce, cobre, acero con recubierto de cobre, acero galvanizado, bronce y riel de acero. Hay algunos aspectos de seguridad involucrados con este tipo de unión, pero la técnica se ha desarrollado rápidamente para controlarlos, por ejemplo, reduciendo la emisión de gas.

2.3.15 Conexiones Soldadas en Forma Autógena

El cobre puede unirse por soldadura de bronce o soldadura al arco en presencia de gas.

La técnica de unión por soldadura de bronce es efectiva y de bajo costo, empleada primariamente para realizar uniones en terreno (por ejemplo en trabajos con tuberías de cobre). En esta técnica clásica, se usa bronce como metal de relleno para formar un enlace superficial entre las partes de cobre. La técnica emplea alta temperatura y un material de relleno que es el que más se ajusta al cobre. A pesar de que la soldadura de

bronce puede usarse para conectar cobre a metales ferrosos, esto normalmente no se cumple para puestas a tierra.

Cuando necesita unirse componentes de cobre de mayor medida, entonces se usa soldadura autógena en ambiente gaseoso. El arco eléctrico proporciona el calor, mientras que el área en torno al electrodo y la soldadura es envuelta por un gas tal como argón, helio o nitrógeno. Esto reduce la oxidación que toma lugar durante el proceso de soldadura. El nitrógeno se usa ampliamente como el «gas inerte» cuando se suelda cobre. Se requieren materiales de relleno especialmente desarrollados, que son reconocidos por su buen comportamiento al soldar cobre.

El aluminio puede ser soldado vía arco de gas inerte de tungsteno o arco de gas inerte de metal. La soldadura en frío a presión se usa algunas veces para unión entre aluminio.

2.3.16 Capacidad de transporte de corriente de falla

El tipo de unión puede influir en el tamaño del conductor usado debido a las diferentes temperaturas máximas permisibles para las distintas uniones. Por ejemplo, la máxima temperatura permisible para uniones apernadas es 250°C, para uniones bronceadas es 450°C y 750°C para uniones soldadas, según la norma británica BS 7430 1991 «Code of Practice for Earthing». Por lo tanto, si considerásemos una corriente de falla de 25kA y una duración de 1 segundo, se requerirían los siguientes calibres de conductores según cada tipo de unión:

Conexión	Apernada	Bronceada	Soldada
Temp. Máxima	250°	450°	700°
Calibre Conductor	152 mm ²	117 mm ²	101 mm ²

Claramente el método de unión empleado permite reducir costos mediante el uso de conductores de menor sección. Note, sin embargo, que la reglamentación adoptada debe revisarse en cuanto a que pueden citarse diferentes valores de la temperatura máxima permisible.

2.3.17 Facilidades para prueba e inspección

El acceso a las conexiones, puede facilitarse por medio de una cámara de inspección. Es prudente dejar una o dos cámaras de inspección en terreno sobre un electrodo horizontal para que posteriormente, si se requiere, pueda agregarse barras verticales.

Ahora se sugiere que las conexiones a secciones individuales importantes del sistema de tierra tengan una conexión de prueba accesible vía tales cámaras de prueba. La conexión debe tener una sección transversal circular alrededor de la cual pueda sujetarse una pinza de probador de impedancia. No se considera una práctica segura retirar las conexiones de pruebas mientras el sistema de tierra esta conectado al equipo energizado.

El disecador de un sistema de puesta a tierra se enfrenta normalmente con dos tareas:

- lograr un valor requerido de impedancia.
- asegurar que los tensiones de paso y contacto son satisfactorios.

En la mayoría de los casos habrá necesidad de reducir estos valores. Inicialmente, el disecador debe concentrarse en obtener un cierto valor de impedancia. Este valor puede haber sido definido por consideraciones de protección. Los factores que influyen la impedancia son:

- Las dimensiones físicas y atributos del sistema de electrodos de tierra.
- Las condiciones del suelo (composición, contenido de agua, etc.).

El sistema de puesta a tierra consiste en un material conductor fuera del terreno (conductores de conexión, etc.), electrodos metálicos enterrados y el terreno mismo. Cada uno de estos componentes contribuye al valor de la impedancia total. Nos referiremos en primer lugar a las componentes metálicas del sistema de puesta a tierra y al final del capítulo se discutirá la situación del terreno. Sin embargo, es importante reconocer que las características del terreno afectan fuertemente el comportamiento del sistema de puesta a tierra. La característica más importante del terreno es su resistividad, que se mide en ohm-metro.

El capítulo previo trata de las conexiones. Las resistencias de contacto en las conexiones y en las interfaces entre materiales claramente deben mantenerse prácticamente en un mínimo. Además, el metal usado para las conexiones sobre tierra debe tener buena conductividad eléctrica y la propiedad superior del cobre determina su uso en la mayoría de las instalaciones. El sistema de electrodos metálicos presentará una impedancia al flujo de corriente que consiste de tres partes principales. Estas son la resistividad del material del electrodo, la resistividad de contacto

entre el electrodo y el terreno y finalmente una resistividad dependiente de las características del terreno mismo.

La impedancia metálica del electrodo es usualmente pequeña y consiste de la impedancia lineal de las barras y/o conductores horizontales. Influyen sobre ella las propiedades del metal usado y la sección transversal. En términos eléctricos, el cobre es superior al acero y por tanto ha sido tradicionalmente el material preferido.

2.3.18 Efecto de la Forma, Tamaño y Posición del Electrodo

Una parte dominante de la impedancia se debe a la orientación física de los electrodos de tierra. Los gráficos de la Figura 2.4 a la Figura 2.9 ilustran el efecto que pueden tener los cambios en estas dimensiones sobre la impedancia y capacidad al disecador para estimar el mérito relativo de cada opción. Esto se discute con más detalle a continuación:

2.3.19 Incremento de la Profundidad de Enterramiento de una Barra Vertical en Suelo Uniforme

La Figura 2.4 muestra el beneficio que puede obtenerse en suelos de diferente resistividad incrementando la longitud de la barra enterrada. También muestra que el mejoramiento por unidad de longitud disminuye a medida que la barra aumenta. Sin embargo, el gráfico que ilustra el comportamiento en suelo uniforme no cuenta la historia completa. El decrecimiento en resistencia obtenido mediante una barra larga puede ser particularmente deseable en condiciones de suelo no uniforme. La Figura 2.5 demuestra el mejoramiento posible en la resistencia de electrodo cuando se incrementa la longitud de una barra en un suelo que consiste de tres

capas. Las capas superiores son de resistividad relativamente alta hasta una profundidad de seis metros. La resistencia de la barra es alta hasta que su longitud supera estas capas, debido a la alta resistividad del suelo que la rodea.

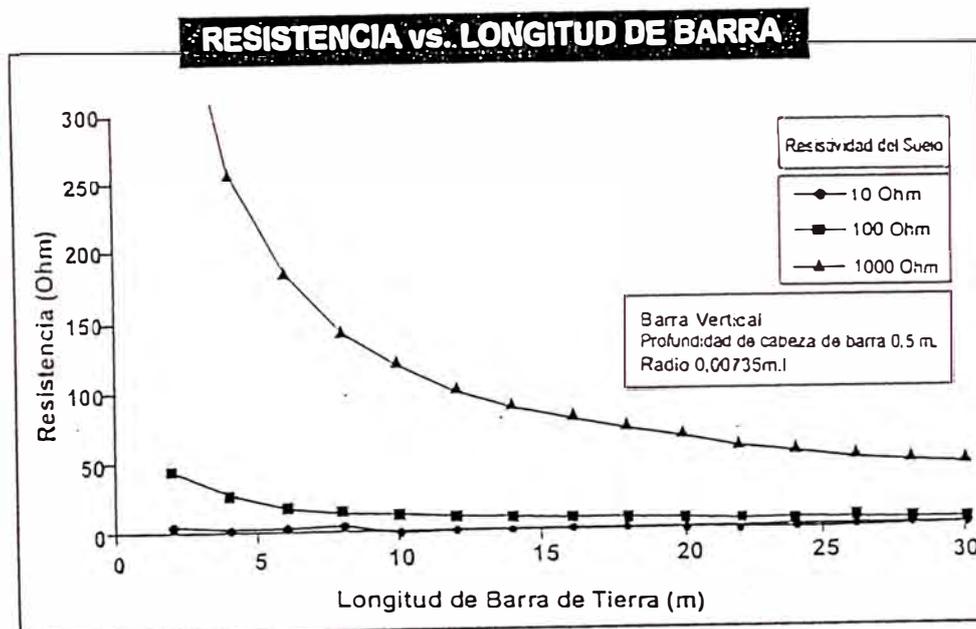


Figura 2.4:

Resistencia vs. Longitud de Barra

A medida que la longitud de la barra aumenta, la resistencia total baja más rápido. Esto se debe a la capa más profunda con mejores propiedades eléctricas. En este caso es clara la mejoría de comportamiento con cada metro adicional de barra instalada, mucho mayor a esta profundidad que para barra en suelo uniforme. Una vez que la barra alcanza aproximadamente 15 metros de longitud, hay poca diferencia en la resistencia de una barra en esta estructura de suelo, comparada con otra en

un suelo uniforme de 50 ohm - metro de resistividad. Sin embargo, el mejoramiento por unidad con cada metro adicional instalado comienza a reducirse rápidamente en el caso de suelo uniforme.

En condiciones de suelo como los que se ilustra en la Figura 2.5, es importante que la sección superior de la barra tenga baja resistencia longitudinal ya que esta sección proporciona la conexión a la parte inferior del electrodo que lo mejora. Esto puede realizarse ya sea usando un sector superior de cobre sólido o plateado (con recubrimiento metálico) con una sección transversal incrementada.

En algunas condiciones de terreno, particularmente donde existe un área disponible limitada, el empleo de barras verticales puede ser la opción más efectiva, pero depende de la estructura del terreno.

Finalmente, es importante notar que las barras verticales otorgan un grado de estabilidad a la impedancia del sistema de puesta a tierra. Normalmente deben ser de longitud suficiente de modo que estén en o cerca de napas de agua (si existen a profundidad razonable en el lugar) y bajo la línea de congelamiento. Esto significa que la impedancia sería menos influenciada por variaciones estacionales en el contenido de humedad y en la temperatura del suelo.

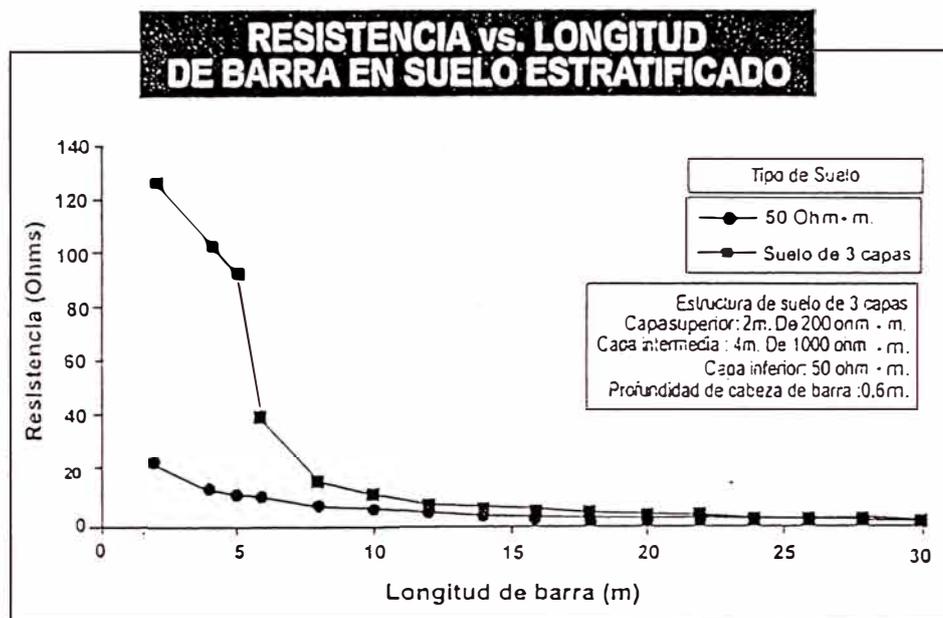


Figura 2.5

: Resistencia vs. Longitud de Barra en Suelo Estratificado.

2.3.20 Incremento de Longitud de un Conductor Horizontal

La Figura 2.6 muestra el beneficio que puede obtenerse en suelos de diferente resistividad, incrementando la longitud de un electrodo de tierra tendido horizontalmente a una profundidad de 0,6 metros.

Debe notarse que el cálculo en este ejemplo no considera la impedancia lineal del conductor, de modo que los valores son optimistas en el caso de grandes longitudes. Normalmente, el mejoramiento por unidad de longitud disminuye a medida que la longitud del electrodo aumenta. Una cinta tendida horizontalmente se considera generalmente una buena opción, particularmente cuando es posible encaminarla en diferentes direcciones. Esto incrementa aún más la posible reducción, pero sin lograr superar un 50%. Para aplicaciones en alta frecuencia, incrementar de esta manera el número de caminos disponibles reduce significativamente la impedancia de onda.

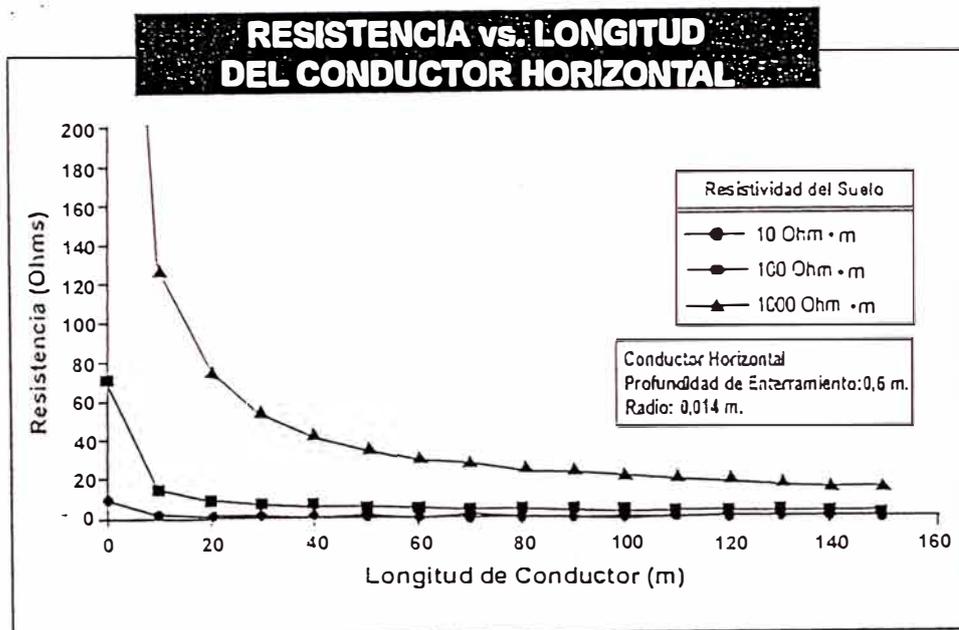


Figura 2.6

Resistencia vs Longitud del Conductor Horizontal

2.3.21 Incremento de la Longitud del Lado de Una Plancha o Malla de Tierra Cuadrada

La Figura 2.7 muestra el beneficio que puede obtenerse en suelos de diferente resistividad incrementando el área abarcada por un electrodo cuadrado. A pesar de mostrar que el mejoramiento por unidad de área disminuye, la reducción en resistencia resulta aún significativa, En realidad esta es frecuentemente la forma más efectiva para reducir la resistencia de un electrodo de tierra.

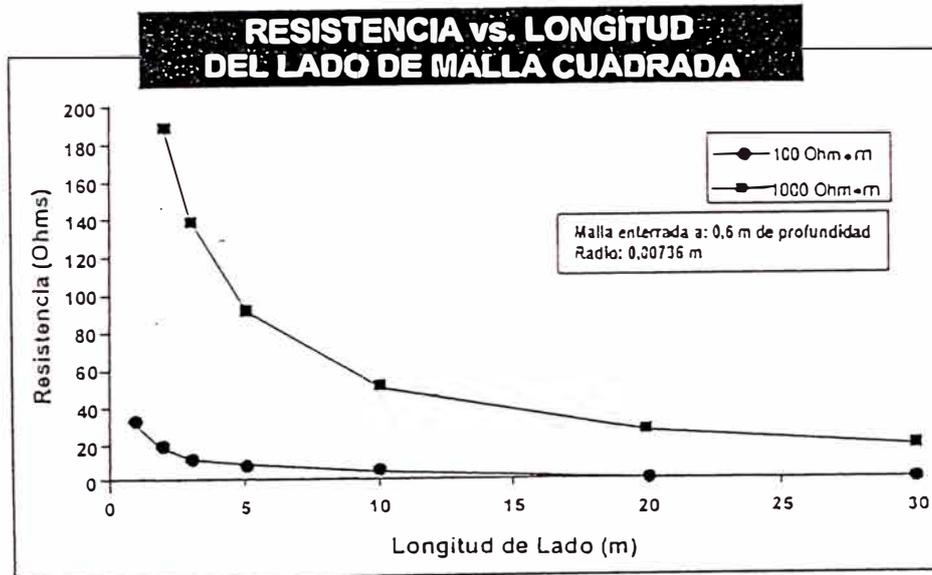


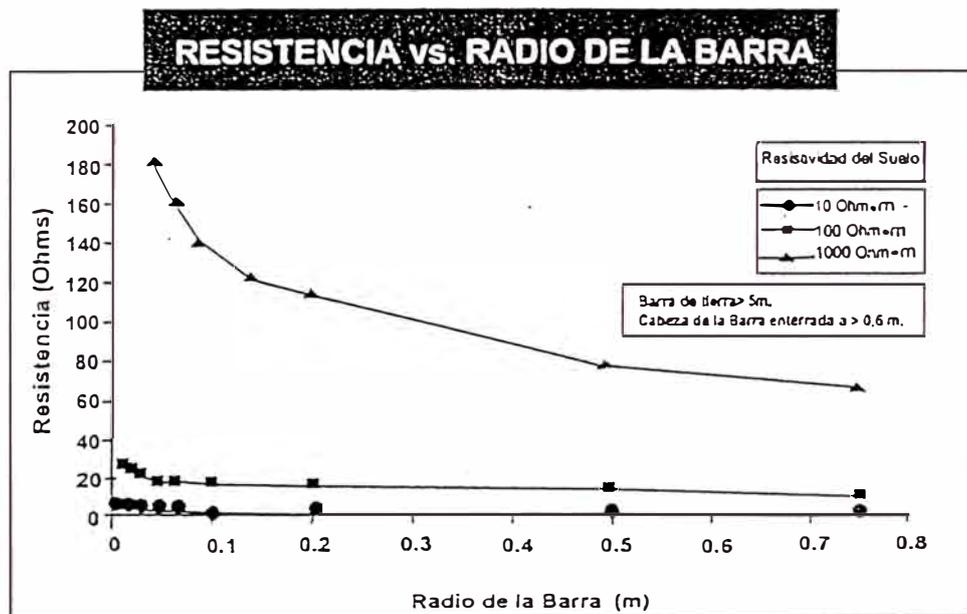
Figura 2.7:

Resistencia vs Longitud del Lado de Malla Cuadrada

2.3.22 Incremento del radio de una barra de tierra

La Figura 2.8 muestra el beneficio que puede obtenerse en suelos de diferente resistividad incrementado el radio de la barra, Hay una rápida reducción en el beneficio por unidad de incremento en el diámetro, una vez que éste excede 0,05 metros, excepto en suelos de alta resistividad, donde el mismo efecto se aprecia a un diámetro de 0,2 metros. Normalmente, hay poco que ganar aumentando el radio de electrodos de tierra por sobre lo necesario de acuerdo a los requisitos mecánicos y por corrosión. Puede usarse tubos en vez de conductores sólidos para aumentar el área superficial externa, con un aumento moderado en el volumen del metal

empleado. Sin embargo, el aumento en el costo de instalación puede contrapesar el mejor comportamiento. En condiciones de suelo rocoso, puede ser ventajoso



Resistencia vs. Radio de la Barra.

2.3.23 Manual de Instalaciones de Puestas a Tierra

Definición y Objetivo

Se entiende por Puesta a Tierra toda ligazón conductora directa sin fusible y de sección suficiente, que une determinados elementos o partes de una instalación con el potencial de tierra.

La conexión con el terreno se realiza mediante un electrodo o grupo de ellos, enterrados en el suelo.

El objetivo o misión de una puesta a tierra puede ser de distintos tipos; en la práctica sirve para proteger de contactos accidentales las partes de una instalación no destinada a estar bajo tensión; y, para disipar

sobretensiones de origen atmosférico o de origen industrial, ya sea por maniobra o por pérdida de aislamiento.

La Puesta a Tierra limita la tensión que con respecto a tierra pueda aparecer en cualquier elemento conductor de una instalación y asegura con ello la correcta actuación de los dispositivos de protección de la instalación eléctrica.

Con ello, la Puesta a Tierra cumplirá las siguientes misiones:

- Proteger a las personas, limitando la tensión que respecto a tierra puedan alcanzar las masas metálicas.
- Proteger a personas equipos y materiales, asegurando la actuación de los dispositivos de protección como pararrayos, descargadores eléctricos de líneas de energía o señal así como, interruptores diferenciales.
- Facilitar el paso a tierra de las corrientes de defecto y de las descargas de origen atmosférico u otro.

Partes que comprenden las puestas a tierra

Todo sistema de Puesta a Tierra, constará de las siguientes partes:

- Toma de Tierra o Puesta a Tierra.
- Línea principal de tierra.
- Derivaciones de las líneas principales de tierra.
- Conductores de protección.

NOTA: Los métodos de conexiones eléctricas de alta y baja tensión pueden verse en el Tomo V y del nuevo Código Nacional Eléctrico y los método de conexiones en instrumentación, pueden verse en la monografía sobre las conexiones de tierra y masa en instrumentación de la Asociación Española

para el control de la calidad, Comité de Metrología, Biblioteca Intintec 389/C5 (Código).

El Terreno como Conductor

Normalmente, el terreno es un deficiente conductor, pues sus componentes son en estado seco, aislantes. La conducción de la corriente se realiza principalmente a través del electrolito, que forman las sales y el agua contenidas en el terreno natural.

La resistividad del terreno se mide generalmente en Ohms/m. Equivalente a la resistencia que presenta al paso de la corriente un cubo de terreno del metro de arista. Esta resistividad es un valor muy variable en función a:

- La descomposición del terreno
- Al contenido de sales disueltas
- Al contenido de humedad.
- A la temperatura
- A la calidad del compacto.

La resistividad del terreno será el factor determinante de la resistencia de cualquier toma de tierra y para conocer su valor real, el único sistema aceptable es efectuar la medición de la resistividad o resistencia de paso de la corriente, no obstante, puede realizarse una primera aproximación con la tabla I, que da a título de orientación, unos valores de resistividad para ciertos tipos de terrenos, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la Tabla II.

Se entiende que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia de tierra del electrodo.

La medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir aplicando las formulas dadas en la Tabla III, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno; el conocimiento de este valor será muy útil para trabajos posteriores efectuados en unas condiciones análogas.

Tabla 2.1

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD OHMIOS/M
Terrenos Pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	05 a 100
Arcilla plástica	50
Marga y Arcilla compactas	100 a 200
Margas de Jurásico	30 a 40
Arena Arcillosa	50 a 500
Arena Silica	200 a 300
Suelo Pedregoso cubierto césped	300 a 500
Suelo Pedregoso desnudo	1,500 a 3,000
Calizas Blandas	100 a 300
Calizas Compactas	1,000 a 5,000
Calizas Agrietadas	500 a 1,000

Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	500
Granito y gres procedente alteraciones	1,500 a 10,000
Roca Ígnea	Mayor a 10,000

NOTA Los valores mínimos y máximos varían en función al % de humedad y al contenido de sales naturales, como a la calidad y cantidad de ellos en el terreno.

Tabla 2.2

NATURALEZA DEL TERRENO	VALOR MEDIO DE RESISTIVIDAD
Terrenos cultivables, fértiles, terraplenes compactos y húmedos.	50
Terrenos cultivables poco fértiles, Terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos arena seca permeable	3000
Suelos rocosos fraccionados	6000
Suelos rocosos compactos	14000

2.3.24 Valuación del Terreno a Trabajar

Los estratos geológicos de un terreno natural son muy variados en función al lugar y a la zona geográfica de su ubicación; es por ello que es indispensable realizar una evaluación del terreno a trabajar, con el fin de

establecer la formación de los estratos geológicos, así como, de su resistividad o resistencia eléctrica específica al paso de la corriente.

Para ello será necesario realizar algunas excavaciones en el terreno que permitan observar su configuración geológica y medir la resistividad o resistencia específica de cada estrato, con el fin de determinar el diseño de puestas a tierra más apropiado a las características del terreno a trabajar.

Las mediciones de resistividad o resistencia eléctrica específica de los terrenos en superficie dan valores del estrato geológico superficiales y no de aquellos que están por debajo; para ello existen formulas y factores correctivos que pueden determinar en teoría valores muy aproximados, pero es mejor determinarlos en forma práctica y real, midiendo la resistividad o resistencia específica de cada estrato geológico y evitar los errores teóricos.

Si en la evaluación se obtuviesen dos o más estratos geológicos con los cuales vamos a trabajar en el diseño de puesta a tierra; será conveniente promediar los valores de los mismos y trabajar con este promedio los cálculos del diseño.

Factor de Riesgo en La Medición de la Resistividad o Resistencia Especifica

Los terrenos o estratos geológicos no son nunca homogéneos, pues estos varían en su espesor y en su contenido de partes o componentes, así como, en su contenido de humedad y de sales naturales de un punto a otro; para poder asumir este factor de riesgo en las mediciones será necesario considerar un 25% más de margen de error en las mediciones de cada

estrato geológico antes de considerarse el promedio resultante de los distintos estratos.

Los Diseños de Puestas a Tierra

Los diseños de puestas a tierra, se harán después de haber realizado la evaluación del terreno y las mediciones, incluyéndose el factor de riesgo y el promedio de la resistividad o resistencia específica resultante.

El diseño se hará tratando de aprovechar los estratos de menor resistividad o resistencia específica, considerándose que para los servicios de pararrayos y sistemas eléctricos de alta y media tensión la profundidad mínima será de 0.60 M. y ello debido a la tensión de paso; las demás puestas a tierra podrán tener una profundidad de 0.30 M. debido a que la tensión de paso no son considerables; menor profundidad no son recomendables por razones de seguridad mecánica.

Los diseños de puestas a tierra de penetración profunda se harán cuando los estratos geológicos profundos sean de menor resistividad eléctrica que los medios y los superficiales, la longitud de los electrodos serán lo suficientes para poder alcanzar la capa freática del agua existente en el subsuelo.

Los diseños de puestas a tierra de penetración media se harán cuando los estratos medios sean de menor resistividad eléctrica que los profundos, la longitud de los electrodos serán iguales al espesor de los estratos aprovechables, evitando que ellos hagan contacto en los estratos profundos de mayor resistividad.

Los diseños de puestas a tierra superficiales se harán cuando los estratos superficiales sean de menor resistividad eléctrica que los medios y los profundos, la longitud de los electrodos serán iguales al espesor del estrato aprovechable, evitando que ellos hagan contacto en el estrato medio de mayor resistividad.

Los tres tipos de diseños tratados anteriormente, obedecen a las distintas características de los terrenos, estos diseños pueden ser de uno o varios electrodos y ello estaría en función a la resistividad eléctrica del terreno y a la resistencia eléctrica deseada a obtener. Resistencias eléctricas del orden de 20 a 30 Ohms/m. no son difíciles de obtener, pues ellas se pueden obtener con diseños estándar de 1 a 2 electrodos conectados en paralelo y la distancia entre ejes será de 2 a 5 veces la longitud del electrodo más largo a emplearse, esta distancia será mayor cuando menor sea la resistencia deseada a obtener.

Resistencias eléctricas del orden de los 5 a 10 Ohms/m. son un poco más difíciles de obtenerse y ello dependiendo de la resistividad eléctrica del terreno, por lo general para llegar a estos valores son necesarios de 3 a 4 electrodos conectados en paralelo, siendo la distancia entre sus ejes de 2 a 5 veces la longitud de los mismos; la distancia igualmente será mayor cuando menor sea la resistencia deseada a obtenerse.

Resistencias eléctricas del orden de 1 a 3 Ohms/m. son mucho más difíciles de obtenerse y ello dependiendo de la resistividad eléctrica del terreno; por lo general para llegar a éstos valores son necesarios el uso de 4 a 6 electrodos colocados e interconectados a una malla de cable de cobre

desnudo formando cuadrados de 2 a 5 veces la longitud de los electrodos; ésta malla no solo irá conectado en paralelo los electrodos sino que también llenará las partes medias y centrales de todo el conjunto del área de la puesta a tierra, la distancia entre electrodos y/o cables de la malla será mayor cuando menor sea la resistencia deseada a obtenerse.

Nota: Los cables de cobre desnudo que conectan en paralelo los electrodos o que forman la malla, irán a la misma profundidad mínima de los electrodos y directo en conexión con la tierra, al igual que los electrodos zarandeado y tratando la tierra químicamente.

2.3.25 Electrodos Tipos Dimensiones Mínimas -Características Técnicas.

En principio puede considerarse electrodo a cualquier objeto de alta conductibilidad íntimamente ligado con el terreno, siendo el problema base que se plantea la falta de presión externa entre los dos elementos a unir (electrodo y tierra).

Los electrodos pueden ser de distintos tipos, placa-platina-pica-conductor; en todo caso, deben cumplir las siguientes características técnicas:

- Resistencia a la corrosión por su enterramiento
- Fácil instalación para el tipo de terreno
- No causar corrosión galvánica con otros elementos de contacto (cobre, fierro).

- No causar corrosiones descontroladas con el tratamiento electrolítico de la puesta a tierra, usar preferentemente sales que contengan agentes reguladores de PH de los suelos.

Dimensiones Mínimas de Electrodo de Tierra

MATERIAL	FORMA	DIMENSIONES MIN.	POSICION	PROFUNDIDAD
Cu. O Br.	Plancha	250 x 2000 x 2mm.	Horizontal o V.	0.30 m 0.60M.
Cu. O Br.	Pica	5/8" x 1M.	Vertical	0.30 m 0.60M.
Cu. O Br.	Platina	50 x 3000 x 2mm	Horizontal o V.	0.30 m 0.60M.
Cobre	Conductor	# 2-33.63 mm ² .	Horizontal	0.30 m 0.60M.

Resistencia Eléctricas de Puestas a Tierra Según Servicio

Las resistencias eléctricas según el servicio se dividen en:

1) ATMOSFÉRICAS:

- Pararrayos de punta, servicio de descargas atmosféricas directas (Rayos),

A) Convencionales 10 Ohms.

B) Ionizantes 5 Ohms.

- Pararrayos Autoválvulas, servicio de inducciones y sobretensiones eléctricas.

A) Alta y media tensión 20 Ohms.

B) Baja tensión 15 Ohms.

2) ELECTRICOS:

Servicio de neutro de red, masas, elementos metálicos distintos de las masas y red de protección 25 Ohms/M.

3) ELECTRÓNICOS:

Servicio de neutro de circuitos de equipos, electrónicos, masas relés de protección 10 Ohms/M.

Nota: Las resistencias dadas con las standards ellas podrán ser variadas según las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos.

2.3.26 Métodos Para la Reducción de la Resistencia Eléctrica

Existen distintos métodos para lograr la reducción de la resistencia eléctrica pero todos ellos presentan un punto de saturación que es conveniente conocer para evitar diseños antieconómicos.

Los métodos para la reducción son los siguientes;

- a) El aumento del número de electrodos en paralelo
- b) El aumento de la distancia entre ejes de los electrodos.
- c) El aumento del diámetro de los electrodos
- d) El cambio del terreno existente por otro de menor resistividad.
- e) El tratamiento químico electrolítico del terreno.

Las reducciones según métodos y sus puntos de saturación son:

a) El aumento del número de electrodos en paralelo.- La acción de aumentar el número de electrodos conectados en paralelo disminuye el valor de la "Resistencia Equivalente", pero esta reducción no sigue la simple ecuación de resistencias en paralelo; presentando un punto de saturación cuando el número de electrodos se aumenta por encima de 6 electrodos, esto se debe al efecto de "Resistencia Mutua", que ocurre cuando se introducen los electrodos en el terreno a cierta distancia, con una mayor separación entre electrodos se encuentra una mayor reducción, pero se sigue presentando el punto de saturación por encima de 6 electrodos.

Ahora bien, veamos el % de reducción que se presentará con la acción de aumentar el número de electrodos, a partir de un primer electrodo base:

- Con el segundo electrodo se logrará una reducción del 40%
- Con el tercero se logrará una reducción del 55%
- Con el cuarto se logrará una reducción del 67%
- Con el quinto se logrará una reducción del 73%
- Con el sexto se logrará una reducción del 77%

A partir del séptimo será de 78% y para el octavo ninguna, por lo que el punto de saturación se encuentra a más de 6 electrodos.

b) El aumento de la distancia entre ejes de los electrodos.-

Normalmente la distancia entre ejes de los electrodos debe ser como mínimo el doble de la longitud de los electrodos; pero en los casos donde se requiera obtener resistencia eléctricas muy bajas y haya disponibilidad de área de terreno, las distancias entre ejes de los electrodos, deberán ser lo máximo posible; pues a mayor distancia entre ejes de electrodos, mayor será la reducción de la resistencia a obtenerse; y ello por el fenómeno de la resistencia reciproca entre electrodos.

c) El aumento de la longitud de los electrodos.-

Aumentando la longitud de penetración efectiva en el terreno es posible alcanzar capas más profundas, que normalmente presentan una más baja resistividad que las presentadas en las capas superficiales; esto se puede verificar en la mayor parte de los terrenos, debido al mayor porcentaje de humedad, en las capas profundas, donde se encuentran la capa freática de agua. Lo contrario a

esto ocurriría en el caso de que los terrenos tuvieran capas inferiores compuestas por terrenos rocosos y pedregosos, ya que ellos tienen muy alta resistividad y además de no poder clavar los electrodos.

Los resultados de la reducción en estos casos, estará dada por la resistividad del terreno profundo, el mismo que podrá ser comparado con el primer electrodo colocado en la penetración profunda, a partir de ello el % de reducción de los demás electrodos en paralelo sera igual a lo indicado anteriormente, incluyéndose el punto de saturación por encima de 6 electrodos, así como, por la separación entre ellos de acuerdo a la longitud empleada en los electrodos.

d) **Aumentando el diámetro de los electrodos.**- Al aumentar el diámetro de los electrodos de 5/8" a 3/4" se obtendrá una pequeña reducción del valor de la resistencia y esta será como sigue:

- Con el segundo electrodo se obtendrá una diferencia de 11% de reducción.
- Con el tercero se obtendrá una diferencia de 18% de reducción.
- Con el cuarto se obtendrá una diferencia de 22% de reducción.
- Para el quinto ya no habrá reducción por el diámetro, lo que sera su punto de saturación.

e) **Cambio del terreno existente por otro de menor resistividad.**- Los terrenos pueden ser cambiados en su totalidad, cuando ellos son rocoso pedregosos, calizas, organito, etc. Que son terrenos de muy alta resistividad pueden cambiarse parcialmente cuando el terreno está compuesto por componentes de alta y baja resistividad; de modo que se supriman las partes

de alta resistividad y se reemplacen por otros de baja resistividad; uno de estos procedimientos es realizado con el zarandeo del terreno donde se desechan las piedras contenidas en el terreno.

El cambio total o parcial del terreno deberá ser lo suficiente para que el electrodo tenga un radio de buen terreno que sea de 30 a 50 cm.. en todo su contorno así como, en su fondo de tal manera que permita una buena conexión con el terreno.

La resistencia crítica de un electrodo se encuentra en un radio o contorno que va de 30 a 50cms. de este, por lo que se tendrá sumo cuidado con las dimensiones de los pozos para los electrodos proyectados.

La compactación del terreno también es factor importante ya que el electrodo tendrá que estar bien adherido al terreno, evitando hacer un falso contacto que aumente la resistencia por su falta de adherencia.

La limpieza del electrodo también es factor importante, ya que el electrodo tiene siempre adherido a el, grasa, aceite y a veces hasta pinturas, lacas o barniz, que ofrecen resistencia al contacto con tierra, para suprimir todo ello es necesario lijarlos y lavarlos bien a fin de dejarlos totalmente limpios.

Los % de reducción en este caso son difíciles de deducirlos, debido a los factores que intervienen, como son resistividad del terreno natural, resistividad del terreno de reemplazo total o parcial, adherencia por la compactación y limpieza del electrodo, pero daremos una idea porcentual más o menos en función al tipo de terreno y al cambio total o parcial.

- Para terrenos de alta resistividad donde se cambie el terreno de los pozos en forma total, el porcentaje puede estar entre 50 a 70% de reducción de la resistividad natural del terreno.
- Para terrenos de media resistividad donde se cambie el terreno de los pozos en forma parcial o total, el porcentaje de reducción puede estar como sigue:
 - Cambio parcial de 20 a 40% de reducción de la resistividad natural del terreno.
 - Cambio total del 40 a 60% de reducción de la resistividad natural del terreno.
- Para terrenos de baja resistividad donde se cambiara el terreno de los pozos en forma parcial, el porcentaje de reducción puede estar entre 20 a 40% de reducción de la resistividad natural del terreno.

La saturación en este caso seria si cambiamos mayor volumen de tierra que la indicada, los resultados serán casi los mismos y el costo será mucho mayor, lo cual no lo justifica.

f) **El tratamiento químico electrolítico del terreno de los pozos.**- El tratamiento químico electrolítico de las puestas a tierra es uno de los métodos mas prácticos y económicos para la reducción de la resistencia eléctrica de las puestas a tierra, este tipo de tratamiento consiste en incorporar al pozo o los pozos electrolitos que mejoren la conductibilidad de la tierra y ello para que reduzcan la resistencia eléctrica de las mismas.

Estos tratamientos químicos no deben ser realizados con sales puras ni con cantidades exageradas, ya que ello seria contraproducente por el

factor de corrosión de los electrodos que se echarían a perder en poco tiempo, más aun con la acidez natural de los suelos; los tratamientos químicos realizados con sales puras también tienen otro factor deficiente y este es su estabilidad química y eléctrica, pues al diluirse con el agua o la humedad de los terrenos, estos se precipitan por su mayor peso atómico, saliendo del área del electrodo, lo que permitiría el aumento de la resistencia y si se mantuviera seca la puesta a tierra para evitar ello, la resistencia aumentaría pues las sales no actúan como un buen electrolito en estado seco, es por ello que se les incorporan carbón vegetal con el fin de que este sirviera como absorbente de las sales disueltas y de la humedad; esta técnica antigua trajo muchos problemas en los periodos de verano o sequía por el aumento de la resistencia.

La técnica moderna han desarrollado varios componente químicos para el tratamiento electrolítico de las puestas de tierra, este componente ya se esta usando mas de 10 años con muy buenos resultados , debido a que el compuesto químico electrolítico posee sales concentrados de metales que neutralizan la corrosión de las sales incorporadas, como también aditivos para regular el PH de los suelos.

Estos compuestos poseen otra ventaja que al unirse en el terreno se forma un compuesto gelatinoso que le permite mantener una estabilidad química y eléctrica por 4 años, además es higroscópico, absorbe la humedad y crece en su formación gelatinosa, enraizándose en el terreno lo que facilita una potencialización adecuada de los electrodos y por ende una mejor área de contacto y de influencia en el terreno.

La vida media de la puesta a tierra con estos productos es de 20 años, manteniéndola cada 4 años.

Tabla de Resultados de Reducción

Los resultados de reducción de la resistencia eléctrica inicial de las puestas a tierra, han sido los siguientes:

RESISTIVIDAD INICIAL OHMS/M.	% REDUCCION	RESISTIVIDAD OHMS/M. FINAL
600	95	30
300	85	45
100	70	30
50	60	20
20	50	10
10	40	6

Los resultados antes detallados, han sido obtenidos con la aplicación de una dosis de 5 kg. Que reemplaza a 270 kg. de productos convencionales (sal y carbón).

La saturación en el tratamiento se presenta en la tercera dosis.

Los resultados antes detallados reducen ostensiblemente la cantidad de electrodos necesarios, así como, el transporte de materiales, facilitando además el mantenimiento periódico.

TABLA DE TIEMPO DE APLICACIÓN Y REDUCCION

TIEMPO DE APLICACIÓN EN OHM	% DE REDUCCIÓN	RESISTENCIA OHM. OBTENIDA
1 Día	47.30	7.9
5 Días	73.33	4
24 Días	83.33	2.5
45 Días	89.00	1.65
90 Días	95.00	0.75

2.3.27 MEDICIONES DE LA RESISTENCIA ELECTRICA DE LAS PUESTAS A TIERRA

Las mediciones de la resistencia eléctrica de las puestas a tierra deben ser realizadas con equipos de medición como el telurómetro de 3 puntos y no con megómetros, pues la diferencia de lectura entre ellos es muy distintas; los ohmímetros poseen lecturas de 0 a 1000 y de 5000, en cambio los megómetros poseen lecturas de 1000 a 10000 Ohm/m.

Los ohmímetros poseen además dos estacas de pruebas o sondas de medición que son clavadas en el terreno a 5 y 10 m. o a 10 y 20 m. según sean las dimensiones del conjunto de puesta a tierra, se entiende que estas medidas deben ser tomadas a partir del lado extremo del conjunto, de tal modo que las sondas no estén paralelas al conjunto de tierra sino más bien opuesta a ella y siempre que se pueda las sondas estarán en un mismo eje, de no poderse, el ángulo no debe ser menor de 120 grados.

Las estacas al clavarse en tierra deberán quedar ajustadas y no flojas de modo que hagan un buen contacto y para ello deberán humedecer el terreno donde se clavo las estacas; las estacas o sondas no deberán estar

cercanas a tubos de metal enterrados de agua ú otro servicio, ya que ese tubo podría estar pasando cercano a la puesta a tierra en medición y por ello tener una lectura errónea.

Se debe evitar realizar mediciones en lugares cercanos a las líneas de transmisión en vista de que las inducciones generaladas por las líneas darían lecturas erróneas de las resistencia.

Cuando una puesta a tierra quedara rodeada por piso de cemento o en una zona pavimentada, se dejaran puntos de sondeo colocados en las medidas antes mencionadas de tal manera que se pueda efectuar las mediciones de control en cualquier momento.

Estos puntos deberán tener un diámetro de 2" a 3" que atraviesen el concreto o pavimento hasta el terreno natural, en él que se eliminaran las piedras con el fin de que las estacas puedan ser clavadas con facilidad y dar un buen contacto. Los puntos de referencia podrán estar cubiertos con tapas de registros de bronce enrroscable a fin de que queden estéticamente en el ambiente.

Inspecciones y Mantenimientos

Las inspecciones y los mantenimientos deben ser realizados periódicamente como sigue:

Las inspecciones deben realizarse anualmente, con el fin de comprobar la resistencia y las conexiones, esta labor debe ser efectuada en verano o en tiempo de sequía con el fin de evaluarlas en el momento mas critico del año por falta de humedad.

2.3.28. Sistema de Puesta a Tierra

CHEM-ROD (Barra Química)

Protección Eléctrica Diseñada para la Industria

Chem-Rod es un sistema a tierra de baja impedancia de sobretensión ultra eficiente específicamente diseñado para:

- Sistemas de protección contra rayos.
- Sistemas de eliminación de sobretensiones de energía y corrientes transitorias.
- Prevención de accidentes por corrientes transitorias y cargas estáticas.
- Lograr los requerimientos de seguridad de Aterrizaje para subestaciones eléctricas.
- Protección de equipos electrónicos contra todos los peligros de la energía eléctrica.
- Conexión a tierra de sistemas de energía de corriente alterna.
- La obtención de sistemas neutralizadores de fallas a tierra rápidos y eficientes.
- Conexión a tierra de sistemas electrónicos y centrales de comunicación.
- Satisfacción de los requerimientos de seguridad para los equipos DOD.

El sistema Chem-Rod cumple o excede todos los estándares de seguridad y códigos de diseño desarrollados para la protección de personal, propiedades y equipos sensitivos. En éste momento, el Chem-Rod está

protegiendo a personas, capital invertido en equipos valiosos y equipos electrónicos sensibles en estaciones de radio y T.V. aeropuertos, centros de control e gráfico aéreo, plantas generadoras de fuerza motriz, plantas meteorológicas, almacenamiento de combustibles, refinerías, plantas químicas, centros de telecomunicaciones y computadoras, parques de recreación. Estas instalaciones están localizadas en algunas de las áreas del mundo más propensa a sufrir los efectos de los rayos.

El daño causado por un solo impacto de rayo o corrientes transitorias puede costar millones de dólares en pérdidas de equipos, tiempo perdido, operaciones interrumpidas o la posible de vidas humanas. Esta es la razón por la cual el sistema Chem-Rod es tan importante. Es el sistema a tierra más eficiente que hay disponible: y una vez instalado, provee una tierra estable de baja resistencia y confiable. Su vida esperada iguala o excede a la de una tierra convencional.

El Chem-Rod, provee una perfecta conexión de baja consistencia con la tierra al condicionar el suelo circundante.

Al contrario de otros sistemas electrolíticos a tierra, el Chem-Rod acondiciona químicamente un gran volumen de suelo. Las sales minerales especialmente preparadas son uniformemente distribuidas a lo largo de la longitud del electrodo, y el acondicionamiento continuo de un área más grande asegura una tierra de resistencia ultra – baja que es más efectiva que los sistemas convencionales.

De hecho, los Chem-Rod son tan eficientes que uno solo puede reemplazar 10 barras convencionales. Este es un sector importante cuando

uno compara el número de barras del área del terreno necesaria para lograr tierras de baja resistencia de menos de 1 ohm. Es aún más importante, cuando uno entiende que a medida que los requerimientos de baja resistencia se reducen valores absolutos significativamente más bajos, el número de barras y el terreno requerido se incrementan espontáneamente.

La siguiente tabla compara el rendimiento del Chem-Rod con otros dispositivos de conexión a tierra en condiciones de clima y suelo variable en un periodo de tres años.

Tipo de electrodo	Resistencia del terreno					Variación de los resultados en función de la humedad. y la temper.	
	9	62	270	3.7 k	30 k		
	Resistencia media-OHMIOS						
Chem-Rod	0.2	<2.0	<10	<90	<1 K	40%	
Pica Barométrica *	0.5	9.0	22	240	2 K	200%	
Pica con vencial	1 año	2.3	1.8	44	350	1,5 K	200%
	2 año	5.0	30	>80	400	3 K	200%
Pica emocional	7.2	22	65	430	10	200%	

- **Los Valores son Medidos con una Barra**
 - **Convencional de 3/4" x 10'.**

Nótese que los Chem-Rod, lograron la resistencia de tierra más baja y que su rendimiento y operación fue el que menos vario. Aún más, las características especiales de los Chem-Rod, facilitan una operación y un rendimiento mucho mejor que el ilustrado por estas pruebas. Conclusión: Los Che-Rod, son estables, eficientes y cinco veces más confiables.

Los Chem-Rod, fueron diseñados para ser más efectivos aún en roca, frío congelante, resacos desiertos o los bosques de lluvias tropicales. Los Chem-Rod, proveen protección estable por muchos años.

Para asegurar una confiabilidad a largo plazo hemos desarrollado opciones especiales de monitoreo y diseños especiales.

Su inspección es simple. Solo se desatornilla la tapa y se inspecciona el nivel del químico en el interior del tubo. Si las sales conductivas están en muy bajo nivel, usted sencillamente recarga el tubo con un equipo de relleno nada costoso. El intervalo entre recargas es una función de la mezcla química y el contenido de humedad del terreno. El sistema es prácticamente libre de mantenimiento.

Configuraciones Para todo tipo de Condiciones y Necesidades

Los Chem-Rod, están disponibles en las configuraciones verticales y horizontales. Las barras verticales son usualmente instaladas con una barrena. Donde el suelo es muy rocoso o las condiciones para excavar son muy difíciles, las barras horizontales son las que se utilizan y se instalan en trincheras poco profundas. La longitud de las barras varía entre 8 y 10 pies. Los Chem-Rod, están equipados con varias clases de conexiones mecánicas y soldable. Otros accesorios y opciones de diseño están disponibles a solicitud del usuario.

Para acomodarse a la más amplia variedad de suelos, los Chem-Rod están disponibles en cobre, acero inoxidable o hierro fundido vaciado (galvanizado); lo mismo que cargas químicas para todo tipo de climas y condiciones de terreno.

Los Chem-Rod pueden ser instalados casi en cualquier parte, bajo lozas o pavimento, en interiores o exteriores.

Las Tapas del Pozo se suministran para inspección y recarga.

CAPITULO III METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE DISEÑO DE PARARRAYOS

3.1 Introducción

El principal propósito de un esquema de protección contra rayo es blindar al edificio, sus ocupantes y el equipamiento, de los efectos adversos asociados con una descarga de rayo. Estos efectos de otra manera podrían provocar fuego, daño estructural e interferencia electromagnética , llegando a daño en el equipamiento o choque eléctrico. Para comportarse correctamente, el esquema de protección debe capturar el rayo, conducirlo en forma segura hacia abajo y luego dispersar la energía en el terreno. Los componentes utilizados para habilitar esto son terminaciones en aire, conductores de bajada y de conexión y la terminación de tierra (o electrodo).

La formación del Rayo

Se acepta generalmente que el rayo se crea por una separación de cargas eléctricas debido a la turbulencia del aire. Se piensa que la separación de carga se debe a la integración de gotas de lluvia, copos de nieve y cristales de hielo. Las nubes que contienen humedad suben y se enfrían al subir. Si la tasa de subida es gradual, normalmente resulta neblina y lluvia. Sin embargo, si la tasa de subida es sobre un cierto nivel, el efecto de enfriamiento será acelerado. Esto puede provocar grandes gotas

de lluvia o granizo. La mecánica de la lluvia o granizada ayuda a provocar separación de cargas, llegando a generar una carga negativa en la base de la nube y carga positiva en la parte superior de la nube o en las partículas de hielo. Las diferencias de potencial subsecuentes creadas entre nubes o nubes a tierra pueden ser suficientemente altas de modo que se produce un rayo de nube a nube o de nube a tierra (descarga de rayo).

Las descargas nube a nube pueden causar interferencia eléctrica y algunas veces un daño significativo, pero es la descarga a tierra generalmente la más destructiva. Cuando la diferencia de potencial entre la base de la nube y el plano tierra/aire inferior excede el valor de ruptura dieléctrica del aire en la vecindad inmediata, el aire se ioniza y empieza una descarga, viajando aproximadamente a 2 metros por microsegundo. Sigue una trayectoria aleatoria, generalmente hacia abajo, hecha de pequeños pasos. Hay algún debate respecto de la forma en que los pasos se producen y el punto en el cual comienza el arco real, pero eventualmente los líderes cargados positivo y negativo se aproximarán a tierra. A su vez, en la superficie de la tierra se inducirá carga positiva y en particular en las estructuras elevadas. Si el potencial es suficientemente alto en la tierra (o estructura elevada), entonces comienza aquí la ionización del aire y se creará un líder ascendente, cargado positivamente. Eventualmente los líderes cargados positivo y negativo se encontrarán, a menudo vía una ruta que parece azarosa, y se producirá la descarga de alta corriente, de corta duración, acompañada por ruido (trueno) y un relámpago brillante.

La cantidad de actividad atmosférica no es igual en todas las zonas; varía de acuerdo a varios factores, incluyendo ubicación geográfica, altura, etc. La energía asociada con la descarga también varía. Es necesario considerar estos y otros factores, para decidir si se necesita un esquema de protección contra rayo y la forma que debiera tomar.

Estimación de Riesgo

Una estimación probabilística toma en cuenta los siguientes factores:

- * Resistividad del suelo.
- Las dimensiones externas de la estructura y de cualquier estructura adyacente conectada eléctricamente.
- * La longitud de los cables aéreos que salen de la estructura.
- * La densidad de descargas en la localidad - asociada con el número de días de tormenta al año.
- * El tipo de construcción principalmente la altura, tipo de techo, y esquema de protección (si existe) en el lugar. En general, mientras mas grande es, mayor es la probabilidad de ser impactada.
- * Factores geográficos la altura vertical sobre el nivel del mar y la relación con otra estructuras, por ejemplo cuán cerca está de árboles altos.
- * Perfil de tierra y terreno.

Estos factores toman en cuenta el área de exposición formada por la estructura y los cables conectados a ella y la metodología capacita para calcular el riesgo de impacto. Si el riesgo es menos que 1 en 100,000 entonces generalmente no se requiere protección. Sin embargo, con el

propósito de realizar una estimación formal del riesgo, éste necesita estimarse en relación a las consecuencias de un impacto directo. Si el edificio está asociado con una refinería de petróleo o depósito de explosivos, entonces se necesitará un esquema de protección contra descarga atmosférica que ofrezca el mayor grado posible de protección, aún si el riesgo de un impacto es pequeño.

3.1.1 Componentes de un Sistema de Protección Contra Descarga Atmosférica

El diseño global está basado en el concepto de esfera rodante, que se aplica a la estructura para asegurar que todas las áreas expuestas son protegidas por el esquema. Las componentes individuales se describen abajo. Los materiales utilizados son generalmente cobre de alta pureza o aluminio (99% + de pureza) de un grado similar al empleado para conductores eléctricos. El sistema de protección contra rayo debe diseñarse para proporcionar una impedancia suficientemente baja de modo que la energía de la descarga siga la ruta ofrecida. Esto requiere un diseño integrado y uso de materiales con impedancia suficientemente baja. Los diversos componentes del sistema se describen con más detalle a continuación.

Terminaciones en Aire

Hacen el papel de pararrayo, son varillas verticales de cobre conectados mediante conductores de la malla. Los conductores de la malla típicamente forman un enrejado de 10 m por 20 m, más pequeño en edificios

de alto riesgo. A ella se conectan proyecciones metálicas, incluyendo varas. Una recomendación señala que todas las partes del techo estén a menos de 5 metros de un conductor de terminación en aire. Esta distancia se reduce a 2,5m en edificios de alto riesgo. Nuevamente el material más ampliamente usado es el cobre. Las varas tradicionalmente eran aguzadas, pero los diseños modernos normalmente tienen ahora una punta roma, alisada. Las varas, si se usan, están ubicadas cerca de aquellas posiciones donde es más probable el impacto, es decir, puntas de techo, esquinas de edificios, etc.

Conductores de Bajada y de Conexión

Se requiere que estos conductores proporcionen una trayectoria de baja impedancia hacia abajo de la estructura, de modo que minimice diferencias de potencial y corrientes inducidas. El arreglo ideal sería un edificio metálico, donde la corriente fluyera por una película exterior del edificio. El diseño para construcciones tradicionales apunta a usar las ventajas de esto, es decir, proporcionando diversas trayectorias paralelas para reducir la corriente de falla en cada una de ellas. Estas deberían estar simétricamente ubicadas alrededor del edificio, idealmente incluyendo las esquinas. El equipo electrónico sensible no debería ubicarse cerca de estas trayectorias de bajada en el interior del edificio, ya que existe un riesgo de interferencia inductiva. La corriente fluirá en todas las trayectorias. pero fluirá mayor corriente en la trayectoria más próxima al punto de impacto.

Se requiere que los conductores de bajada sean tan cortos y directos como sea posible, con cambios de dirección graduales en lugar de ser en ángulo recto. Deben ser de construcción robusta y fijados en forma segura con el propósito de soportar las fuerzas mecánicas significativas que acompañan el flujo de corrientes de rayo. Además de los conductores de bajada formales, se usan también vigas metálicas, blindajes metálicos y reforzados metálicos de la estructura.

Se usan conductores de enlace para conectar los conductores de bajada a cualquier estructura metálica expuesta sobre o cerca de la estructura. Esto es para asegurar que no ocurra una descarga secundaria. Cuando la corriente circula por el conductor de bajada, puede generarse un potencial. Si la estructura metálica (tal como ductos de calefacción central, tuberías, etc.) no estuviera conectada, podría inicialmente estar a un potencial próximo al de tierra y así podría ofrecer una trayectoria a tierra más atractiva. Si la diferencia de potencial excede el valor de ruptura del aire o del medio intermedio, entonces puede aparecer una descarga secundaria, acompañada de un daño severo.

El cobre y el aluminio son los materiales más ampliamente utilizados. Se prefiere normalmente el conductor en hebra en lugar de cinta ya que es más fácil de instalar y su efecto pelicular a altas frecuencias provoca un mejor comportamiento. El cobre se considera que es el más resistente a la corrosión en áreas con contenido de sal, aire húmedo, cerca de concreto, en corteza de árbol y donde hay contaminación ambiental. Algunas veces el

cobre se recubre de plomo para mejorar su resistencia a la corrosión cuando se usa en chimeneas y cerca de otras estructuras de gases combustibles. Por razones estéticas se recubre algunas veces con mangas de PVC.

Cada conductor de bajada debe conectarse a una terminación de tierra y si éstas no están interconectadas, entonces los conductores de bajada deben interconectarse a través de un conductor horizontal en anillo instalado cerca del nivel de tierra. Se ajusta normalmente una tenaza de prueba para permitir la revisión de continuidad de conductores de bajada a nivel de suelo y proporcionar un medio de aislar el electrodo de tierra.

Terminal de tierra

Este puede consistir de un anillo de cobre enterrado (designado en EE.UU. como contrapeso) que rodea la estructura y/o barras de tierra verticales. Se requiere que la impedancia del terminal de tierra (es decir, después de una conexión de bajada) sea máximo de 10 ohm. El aluminio no se permite para uso bajo tierra. Cada conductor de bajada debe tener su propio electrodo de tierra terminal y estos normalmente están conectados entre sí para formar un anillo, con electrodos horizontales usados para interconectarlos y ayudar a reducir la impedancia global. Los terminales de tierra más comunes son barras de al menos 1,5 m de longitud, con un mínimo para cada sistema de 9 m.

El anillo ayuda a lograr una ecualización de potencial en la superficie del suelo, además de controlar el potencial. Esto último ayuda a reducir el

voltaje de contacto que puede experimentar una persona en contacto con el conductor de bajada durante una descarga atmosférica.

Aunque las otras partes del sistema de protección pueden diseñarse eléctricamente aisladas, el arreglo de electrodos no debe serlo. La instalación completa debe subir conjuntamente su potencial, para evitar diferencias de voltaje excesivos y esto significa que el terminal de tierra debe ser conectado al resto de los electrodos de tierra y en lo posible diseñado como una entidad. En el interior de edificios, es necesario contactar a la compañía eléctrica si el sistema de protección contra descarga atmosférica se conecta al terminal de tierra. Aunque esto puede causar un potencial más elevado en el sistema de puesta a tierra externo, la conexión generalmente es necesaria para asegurar que todas las estructuras metálicas expuestas estén conectadas.

Normalmente la protección contra descarga atmosférica y las tierras del sistema de potencia deben interconectarse. Donde esto no es deseable por razones técnicas, entre ellas puede instalarse un «ecualizador de potencial de tierra». Este interconectará los sistemas de puesta a tierra si el voltaje entre ellos excede un determinado valor, típicamente varios cientos de volts.

3.1.2 Dispositivos de Protección de Onda

Habiendo ya diseñado el sistema de protección contra descarga atmosférica, pueden identificarse rápidamente las áreas principales de riesgo y tomar precauciones adicionales, donde sea necesario, para proteger

equipo electrónico. La puesta a tierra, el apantallamiento y la conexión equipotencial no pueden garantizar siempre inmunidad frente a una interferencia. Así, los dispositivos de protección de onda complementan esta protección donde sea necesario y forman la última parte de la defensa formal. Existe un amplio rango de dispositivos disponibles para este propósito. Generalmente, están diseñados para derivar la energía asociada con una sobre tensión -voltaje hacia el sistema de puesta a tierra para evitar que éste provoque ruptura de la aislación en el interior de algún equipo.

El voltaje de operación esta bajo el nivel al cual se puede producir daño al equipo protegido. Estos son dispositivos limitadores de voltaje, normalmente varistores de óxido metálico, que se conectan entre fase y tierra. Otros dispositivos manejados por voltaje bruscamente cambian de alta a baja resistencia cuando se supera una tensión umbral. Estos incluyen chisperos y tubos de descarga de gas. Otros dispositivos empleados incluyen filtros de atenuación de onda (para dar protección adicional a equipo electrónico sensible) y barreras de onda (donde penetran o salen cables del edificio).

3.1.3 Protección de Líneas de Potencia Contra Descarga Atmosférica

La mayoría de las líneas de transmisión y distribución de alta tensión están instaladas sobre torres enrejadas de acero. Debido a la longitud de estas líneas, si penetran en una zona con actividad atmosférica significativa, son susceptibles de recibir impactos de rayo directos y efectos inducidos debido a la caída de rayos en la vecindad o a descargas entre nubes. Para

dar la protección adecuada, se incorpora un cable de tierra por sobre los conductores. Este cable está puesto a tierra al comienzo y al término de cada línea y en todas las posiciones de soporte. En general, el electrodo de tierra en el punto de soporte está formado por las patas de acero de la torres, enterradas en concreto en el suelo. Esto proporciona normalmente una impedancia a frecuencia de potencia de 10 ohms o menos. Sin embargo, en suelo de alta resistividad, la impedancia puede ser demasiado alta y en ese caso deben instalarse electrodos de tierra adicionales.

El arreglo de electrodos de tierra puede ser un lazo horizontal situado a un metro o más hacia afuera de cada pie de torre, posiblemente con algunas barras verticales conectadas a él. Con resistividad de suelo alta, puede ser necesario instalar electrodos horizontales largos (digamos 20 metros) dirigidos radialmente hacia afuera desde los pies de la torre. En los casos peores, se agrega un alambre de tierra enterrado que sigue a la línea en forma subterránea. En diseños de línea antiguos, algunas veces se instaló entre las patas de la torre secciones de tubería de fierro fundido, pero en esta posición normalmente no es significativo el mejoramiento de la impedancia a tierra.

Si un rayo impacta una torre, entonces parte de la corriente asociada será derivada a tierra por la base de la torre y otra parte viajará a las torres adyacentes a través del cable de tierra aéreo. El voltaje que aparece en la torre puede ser suficiente en algunos casos para superar el voltaje de ruptura de los aisladores de la línea y ocurrirá una descarga de retorno (back

flashover) desde la torre a los conductores de fase. A menudo a esta descarga le seguirá una descarga de frecuencia de potencia. Se instalan dispositivos de protección contra sobrevoltajes, para proteger equipos en líneas aéreas. Estos incluyen derivadores de onda y una variedad de chisperos. Estos últimos consisten en una o más varillas de acero conectadas a los conductores de fase y a una distancia establecida de una varilla o placa puesta a tierra. Cuando el voltaje supera un determinado valor, el espacio de aire entre ambos se rompe eléctricamente y deriva al sistema de puesta a tierra la energía asociada con la descarga.

La interferencia ocurre en todo momento en circuitos eléctricos, pero afortunadamente en la mayoría de los casos no se percibe. Esto puede deberse al diseño de la instalación o al grado de inmunidad del equipo que se usa, tal que sigue su operación a pesar de la interferencia. Las consecuencias de la interferencia pueden ser desde golpecitos audibles en sistemas de alta fidelidad, parpadeo de la luz (flicker), pérdida de datos en sistemas de procesamiento de información, operación incorrecta de equipo. Estos últimos ejemplos pueden ser muy costosos en términos de pérdidas de producción, además del costo debido al daño del equipo.

La interferencia es particularmente problemática para circuitos de comunicación y de procesamiento de datos, los cuales requieren alto grado de calidad. Parte de la razón para esto es porque el equipo electrónico del cual provienen estos cables tiene un "plano de referencia de tierra" al cual se refieren las señales digitales. Para evitar voltajes excesivos en el interior del

equipo, el plano de referencia de tierra se conecta normalmente al gabinete metálico del equipo. Este a su vez se conecta al sistema de puesta a tierra principal. Los cables de comunicación tienen normalmente una pantalla puesta a tierra, pero también contienen un conductor de referencia de señal que se conecta a la tierra de referencia. Los problemas surgen cuando se hacen arreglos especiales para evitar la conexión de equipo adyacente a través de la pantalla de cable o blindaje. Sin embargo, ellos pueden estar conectados inadvertidamente por, medio del conductor de la tierra de referencia.

Los mecanismos a través de los cuales surge interferencia son:

acoplamiento resistivo (también conocido como galvánico).

acoplamiento capacitivo.

acoplamiento inductivo.

Estos efectos serán cubiertos ahora con un poco más de detalle. A menudo se necesita efectuar mejoramientos en el sistema de puesta a tierra para reducir tal interferencia y los aspectos de blindaje pueden requerir un valor de puesta a tierra menor que el determinado según los criterios de seguridad y de operación de las protecciones.

3.2 Interferencia Eléctrica

3.2.1 Acoplamiento Resistivo

Este acoplamiento se produce cuando existe una conexión eléctrica directa entre la fuente de la perturbación y el circuito afectado, o a través de un medio resistivo (tal como el terreno). Como se describe en estos

primeros capítulos, una condición de falla a tierra puede provocar la elevación de potencial de un sistema de puesta a tierra. El voltaje que aparece en la pantalla del cable que pasa cerca del sistema de puesta a tierra, se debe al acoplamiento resistivo (o galvánico o conductivo).

Las implicancias que surgen del acoplamiento resistivo pueden verse con referencia a la Figura 3-1

Supongamos que el equipo ubicado en X es afectado por una onda de rayo y el exceso de voltaje se ha reducido derivando la energía a tierra por un derivador de onda conectado en paralelo (es decir, entre fase y tierra). Cuando la corriente fluye hacia el terreno, debe pasar a través de la impedancia del sistema sobre tierra (L_{x1} y R_{x1}) y del electrodo bajo tierra (R_{x2}). Aparecerá un voltaje en el equipo puesto a tierra en X. Si el equipo está conectado a otro ubicado en Y, por la pantalla de un cable que tiene una impedancia constituida por una resistencia (R_{xy}) y una inductancia (L_{xy}) entonces habrá una diferencia de voltaje entre los equipos puestos a tierra en X y en Y la magnitud de esta diferencia de voltaje dependerá de los valores de impedancia a tierra en X y en Y, conjuntamente con la impedancia de la conexión entre ellos (L_{xy} y R_{xy}). La diferencia de potencial en este ejemplo se llama interferencia resistiva (galvánico) y puede reducirse:

- disminuyendo las impedancia de puesta a tierra (R_{x2} y R_{y2})
- reduciendo la impedancia de la conexión entre X e Y es decir L_{xy} Y R_{xy}

- reduciendo la impedancia de las conexiones del sistema de tierra, sobre tierra, en X e Y

Normalmente la forma más efectiva es conectar estrechamente el equipo mediante las pantallas de cables, ductos, etc, y el alambre de tierra. Si la conexión es a través de la pantalla de un cable, entonces puede ser necesaria una unidad de protección contra ondas para prevenir una diferencia de tensión excesiva entre los conductores activos del cable y la pantalla durante condiciones de falla. Idealmente, el equipo conectado podría estar situado sobre una plataforma equipotencial consistente en una placa continua. Como esto generalmente es poco práctico, el método común es proporcionar un blindaje magnético (digamos un ducto metálico) y varias trayectorias conductivas en paralelo con éste, puesto a tierra en cada extremo y en posiciones intermedias.

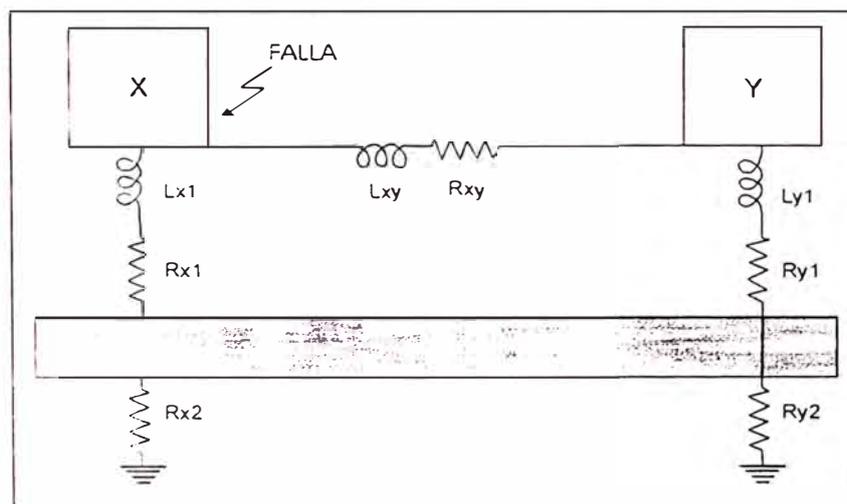


FIG. 3.1

Ejemplo para ilustrar la interferencia resistiva

3.2.2 Acoplamiento Capacitivo

Cualquier par de componentes metálicos conductivos que estén separados en un medio, tendrán entre ellos una capacitancia. Si un componente se carga, entonces aparecerá una carga en el segundo.

Este mecanismo se usa beneficiosamente en ingeniería eléctrica y electrónica, pero cuando crea tensiones no deseados, se llama interferencia. Este tipo de interferencia puede experimentar un conductor metálico ruteado cerca de una línea aérea de alta tensión y se debe al campo eléctrico.

El conductor aéreo se muestra como en la Figura 3-2. Se asume que en un momento el conductor está cargado positivamente, entonces (debido a la capacitancia entre ellos) se creará una carga negativa en la placa. La corriente capacitiva que fluye es directamente proporcional a la frecuencia y a la magnitud de tensión. Por esta razón, la corriente de interferencia puede ser significativa si la línea aérea es impactada por un rayo, donde la magnitud, el contenido armónico y la tasa de cambio serán todas altas.

Los métodos disponibles para reducir esta interferencia son:

- Reducir el paralelismo entre los componentes (por ejemplo la distancia de paralelismo).
- Incrementar la separación entre ellos.

Ambos métodos se usan tradicionalmente para cables de señal y comunicación, que son instalados a cierta distancia de los cables de

potencia y si necesitan cruzarlos, los hacen en ángulo recto, donde sea posible.

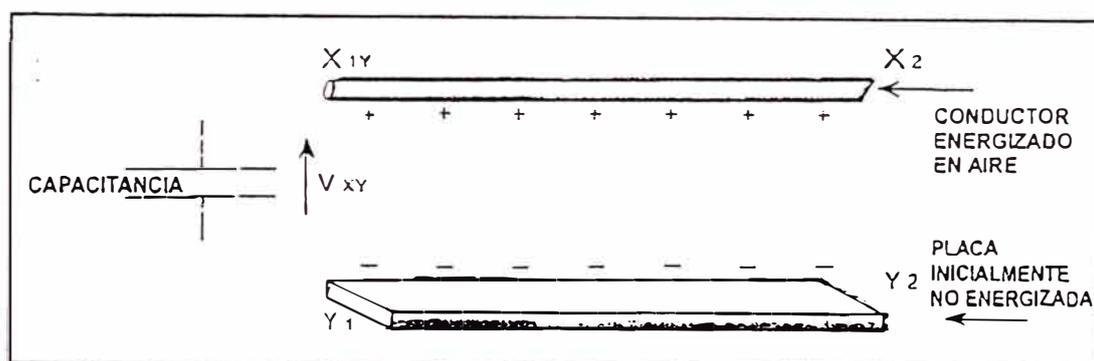


Figura 3.2

Ejemplo para ilustrar la interferencia capacitiva

Otro método es colocar una pantalla metálica alrededor del circuito que requiere protección y conectarla a tierra en un punto. El voltaje de interferencia que aparece en la pantalla será dispersado a tierra y el efecto sobre los conductores interiores se reducirá significativamente. Normalmente una pantalla electrostática debiera ser puesta a tierra sólo en un extremo, aquel que tenga la más baja impedancia a tierra.

Habrán diferencias de potencial a lo largo de la pantalla, y corrientes capacitivas distribuidas, que fluirán a un extremo para descargarse. Esto puede provocar interferencia en el extremo remoto, de modo que debe

usarse un buen material conductor, tal como el cobre, para minimizarla. Preferiblemente debiera aplicarse un blindaje electrostático alrededor de cada par torcido en un cable largo y otro blindaje alrededor de todo el cable. blindaje alrededor de todo el cable.

Para apantallamiento capacitivo se usan típicamente los siguientes materiales:

- * Cinta o lámina hecha de cobre o aluminio.
Trenza única, de cobre estañado.
- * Recubrimiento único espiral de cobre estañado.
- * Doble trenza; hecha de cobre estañado.

Las cintas o láminas proporcionan la mejor protección de pantalla, mientras que la trenza tiene mejores propiedades eléctricas y mecánicas.

3.2.3 Acoplamiento Inductivo

Este es el tipo más común de interferencia, causada por acoplamiento electromagnético, particularmente a frecuencia industrial (50/60 Hz). Se debe a los campos magnéticos.

La Figura 3 ayuda a ilustrar cómo se produce el acoplamiento inductivo. La corriente que fluye en el conductor X crea un campo magnético en torno a él, como se muestra. El campo magnético se produce debido a que la corriente en X es alterna. La intensidad del campo magnético se reduce a medida que aumenta la distancia desde X. El conductor Y puede estar a cierta distancia, pero algunas líneas de flujo desde X lo rodean tal como se muestra. Como la corriente en el conductor X cambia, el campo

magnético que encierra el conductor Y también cambiará y esto a su vez, provocará una tensión a lo largo de él. El voltaje que surge en el conductor Y es provocado por interferencia inductiva y aumenta con la tasa de cambio de la corriente en el conductor X.

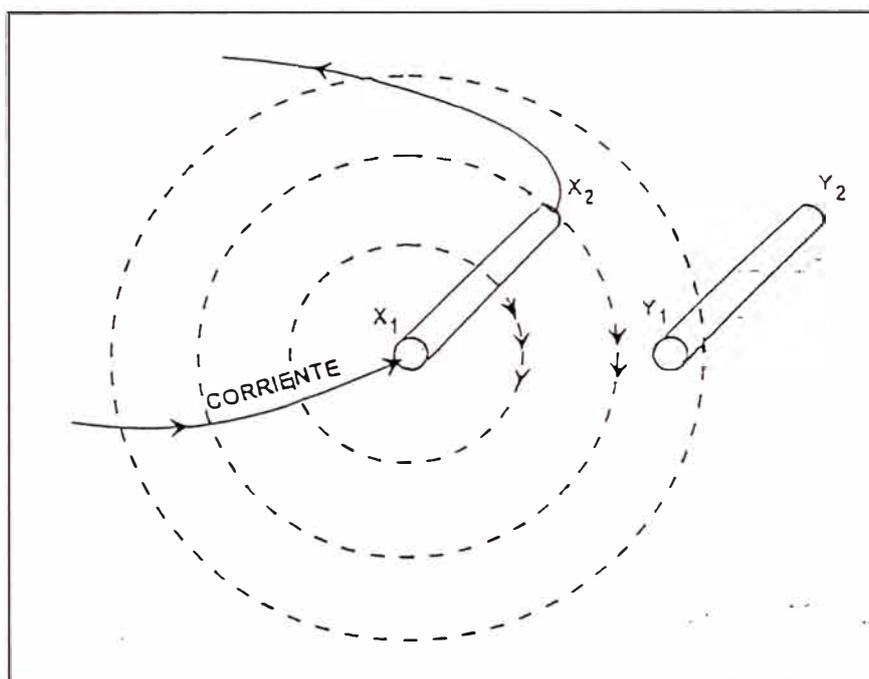


Figura. 3.3

Interferencia inductiva

Si el conductor Y se coloca a tierra en ambos extremos, como se muestra en la Figura 3-4, entonces la diferencia de potencial entre los extremos provocará un flujo de corriente a lo largo del conductor, hacia tierra y a través del terreno. La corriente por Y tendrá dirección tal, que el campo magnético que ella produce se opondrá al existente alrededor del conductor X.

Las fuentes de este tipo de interferencia pueden ser cables de potencia normales, cables de potencia o de tierra que llevan corrientes desbalanceadas (particularmente corriente de falla a tierra) o conductores de protección contra rayos que están dispersando corriente de falla.

Proteger contra este tipo de interferencia es particularmente difícil y los métodos generales utilizados consideran:

Incrementar la separación entre los cables (X a Y). Incrementar la separación no siempre se puede hacer y puede significar gastos considerables si no se consideran en la etapa inicial de construcción.

Reducir el efecto de campo magnético en el circuito Y. Un método para obtener esto es usar cables de par trenzado pero esto sólo funciona para tipo de señalización diferencial balanceado.

Reducir el campo magnético producido alrededor de los cables que se protegen. Si el blindaje o pantalla del cable se pone a tierra en ambos extremos, como se muestra en la Figura 3-4 entonces mientras circule una corriente en el cable X se inducirá también una corriente en la pantalla del cable Y Su dirección será tal que el campo magnético que produce actuará en oposición a aquel del conductor X. El resultado final es que el campo magnético y la interferencia en los conductores del cable se reducirán. Los cables de potencia monofilares podrían disponerse en forma triangular (trébol) de manera de reducir el campo magnético producido en torno a ellos bajo condiciones normales de carga. Los cables de potencia también pueden instalarse en bandejas de acero puestas a tierra para reducir el

campo magnético generado. Si se usa un conducto plástico, entonces puede necesitarse un alambre de blindaje separado, puesto a tierra en cada extremo.

* Orientar el campo magnético lejos del conductor expuesto. Esto se logra empleando un material de alta permeabilidad (tal como el acero) como una pantalla. Normalmente esta pantalla debe ponerse a tierra en un extremo. El campo magnético que la rodea se distorsionará y la densidad de campo en el interior del acero aumenta, mientras que alrededor de los conductores disminuye.

Note que el acoplamiento capacitivo puede manifestarse aún cuando se emplee par trenzado, de modo que la mejor práctica es ubicarlos tan cerca del conductor de tierra como sea posible.

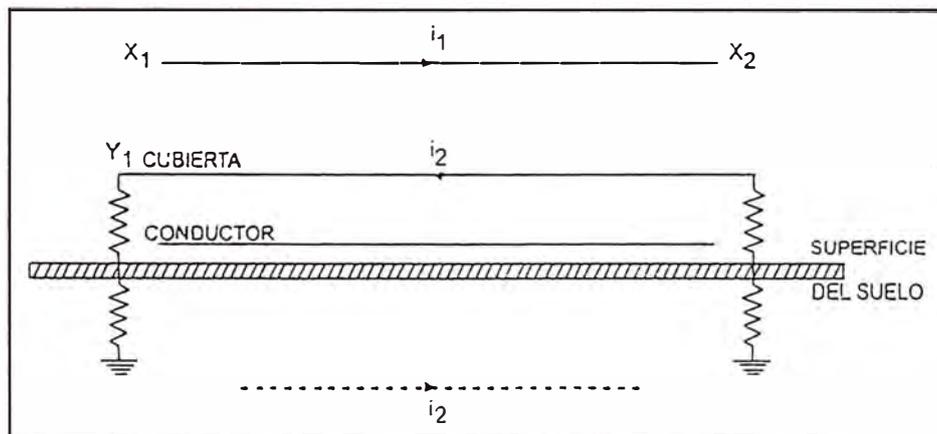


Figura 3-4
Reducción de interferencia inductiva usando una
pantalla o blindaje puesto a tierra

3.3 Opciones Para la Selección de Pararrayos:

3.3.1 Opción Sbi

El Ionizador de esfera erizada SBI , el terminal de esfera erizada SBT de LEC fueron desarrollados como un terminal aéreo híbrido optimizado.

Ambos proveen el espaciamiento de puntas requerido para maximizar la corriente de ionización. Al mismo tiempo proveen una punta orientada cada 5 grados en azimuth y 120 grados en elevación. Como resultado de ello no hay ninguna dirección desde la cual una pasolider de rayo pueda aproximarse, que no tenga un punto colector orientado hacia el y muchos otros puntos colectores de apoyo cerca.

3.3.2 Opción 1: Sistema Híbrido 80% colector – 20% disipador.

Los ionizadores multipuntas modelo SBI-48 ubicados en la punta de la torre, el cual disipará o eliminará 20% de las posibles descargas y coleccionará el 80% restante a tierra mediante un conductor de bajada que recomendamos sea de calibre # 2/0 AWG (mínimo).

3.3.3 Opción 2: Sistema Híbrido 80% disipador – 20% colector.

Los Ionizadores multipuntos modelo SBI-48 , el cual disipará o eliminará 80% de las posibles descargas y coleccionará el 20% restante a tierra mediante un conductor de bajada que recomendamos sea de calibre # 2/0 AWG (mínimo).

3.3.4 Opción DAS

Sistema de Arreglo de Disipación, es un verdadero sistema para prevenir los rayos porque elimina por completo las descargas de rayo o

áreas protegidas y asimismo, elimina impactos al propio sistema, al evitar la descarga, en vez de atraer al rayo (como sistema de pararrayos convencionales), elimina también todos los efectos secundarios derivados del rayo, tales como transitorios inducidos de la atmósfera, la carga estática y los pulsos electromagnéticos de la descarga. Estos efectos indirectos de las descargas de rayos causan daños a los sistemas eléctricos y electrónicos y a los materiales combustibles almacenados.

Existen Sistemas de Disipación del Tipo Hemisférico y del tipo Trapezoidal

3.3.5 Opción 3: Sistema DAS 100% Disipador tipo Hemisférico

Consta de 1 disipador tipo hemisférico modelo H48 -84 Ubicado en la punta de la torre el cual disipará o eliminará 100% de las posibles descargas.

Sistema DAS hemisférico con alambre disipador SS316L, anillo 48" y brazos de 84" aproximadamente, número de puntas aproximadas 4578, peso 410 lbs.

Deberá conectarse a tierra mediante un conductor de bajada recomendado calibre #6 AWG (mínimo).

El suministro incluye pedestal de anclaje, todos los accesorios y detalles de instalación.

Para instalar este sistema debe tenerse despejado el tope de la torre y verificarse previamente si existen obstáculos para el montaje .

3.3.6 Opción 4 Sistema DAS 100% disipador Tipo Trapezoidal

Consta de 1 disipador tipo trapezoidal modelo T70-11 ubicado en la parte superior de la torre, el cual disipará o eliminará 100% de las posibles descargas.

Este sistema consta de 3 paneles de alambres disipadores, los cuales se ubican desde la parte superior de la torre, los paneles ofrecen mas de 10,000 puntas disipadores adecuadamente espaciadas, las que garantizan un proceso de disipación de los rayos.

Deberá conectarse a tierra mediante un conductor de bajada recomendado calibre # 6 AWG (mínimo).

El suministro incluye anclajes, todos los accesorios y detalle de instalación. Este sistema es recomendable en caso de requerir una protección 100% segura, donde no exista la posibilidad de instalar la opción 3 .

3.3.7 Sistema de Arreglo de Disipación (Das)

El sistema de Arreglo de Disipación (DAS) es un verdadero sistema para prevenir los rayos, porque elimina por completo las descargas eléctricas de rayos a la instalación o área protegida de pararrayo convencional, elimina también todos los efectos secundarios derivados del rayo, tales como transitorios inducidos de tierra, transitorios inducidos de la atmósfera, la carga estática y los pulsos electromagnéticos de la descarga. Estos efectos indirectos de las descargas de rayos causan daños a los

sistemas eléctricos y electrónicos, y a los materiales combustibles almacenados o en proceso.

El principio de operación del DAS es simple; Cuando una tormenta se acerca a un área una carga eléctrica a la superficie tanto de la tierra como de alguna estructura debajo de la nube de tormenta. La carga inducida es recogida por el Sistema de Tierra del DAS y llevada al Ionizador. El Ionizador transfiere la carga a la atmósfera por el fenómeno "punta de descarga", el cual ocurre en cualquier punta afiliada que transferira la carga recogida a las moléculas de aire a su alrededor, cuando la punta está dentro del campo electrostático de la nube de tormenta. (Una tormenta produce un campo electrostático de 10-30 kilovoltios por metro de elevación). El Ionizador se compone de miles de puntas de descarga configurando la capacidad óptima de la disipación del DAS. Impidiendo de esta manera la formación de corrientes descendentes, precursoras de la descarga del rayo.

Como resultado se tienen que el DAS reduce la diferencia de potencial en el área a niveles más bajos de los que se requieren para que se establezca la descarga eléctrica.

Se han instalado más de 2,000 DAS en todo el mundo, el primero en 1971. Estos han acumulado más de 10,000 años con un sistema de operación con una confiabilidad histórica de más de 99%. EL DAS se ha usado para proteger Compañías Petroquímicas, Plantas de Generación de Energía (incluyendo plantas nucleares), Subestaciones Eléctricas, Centros de Cómputo, Áreas de Almacenamiento para Materiales Combustibles, Torres

Radiodifusoras y Comunicaciones, Fábricas de Papel, instalaciones de Aeropuertos, e instalaciones Municipales (Plantas de Tratamiento de Agua, Estaciones de Policía, y Hospitales). Más de 80 clientes de DAS son usuarios repetidos , los cuales han instalados el DAS en múltiples aplicaciones.

3.3.8 Ionizador de Esfera Erizada (Sbi) y El Terminal de Esfera Erizada (Sbt)

El Ionizador de esfera Erizada , o SBI, es considerada un aparato híbrido de Disipación /colección. Su función primaria es la descarga de la instalación protegida, la cual es idéntica a la función provista por el DAS. Sin embargo, debido a que tienen menos puntas de descargas que el DAS, el SBI, tienen capacidad limitada de ionización, y puede atraer una descarga durante una tormenta eléctrica muy severa. Si el SBI funciona en su modo usual de Disipación, o su modo ocasional de colector, evitará siempre el impacto directo del rayo terminando en el área protegida. Puesto que el SBI, se compone de puntas de descarga orientadas en todas las direcciones, las corrientes ascendentes que genera durante condiciones severa serán en el mismo eje en que se acerca la corriente descendente o Paso Líder y ofrecerá un punto de terminación preferente. Esto contrasta con un pararrayos en dónde se tiene una sola punta hacia arriba. Por consiguiente, el SBI está diseñado para soportar el impacto de una descarga eléctrica (rayo) y debe usarse con un Sistema de Tierra diseñado para resistir la descarga. El SBI está aprobado por UL.

El Terminal de Esfera Erizada, o SBT, es una versión del SBI que se puede montar en la base del pararrayos y se considera un sustituto del pararrayos. Se emplea para aplicaciones cuando el cliente requiere sujetarlo a una protección contra rayos, como el NFPA-780; sin embargo, obtiene las ventajas del equipo de disipación. Miles de SBI e SBT se han instalado para proteger torres de radiodifusoras y comunicaciones, instalaciones industriales, de petroquímica y almacenamiento, líneas de transmisión y distribución, instalaciones de telecomunicaciones. El SBT también está aprobado por UL.

3.4 Especificación Técnica

Pararrayos en Media y Alta Tensión

1. Objeto

Las presentes Especificaciones técnicas tienen por objeto definir las condiciones de diseño, fabricación y método de pruebas para el suministro de los Pararrayo

2. Normas Aplicables

Los pararrayos materia de esta especificación cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de convocatoria a licitación:

IEC 60099-3 :Surge Arresters -Part 3 : Artificial Pollution testing of Surge Arresters.

IEC 60099-4 :Surge Arresters -Part Metal - oxide surge arresters Without gaps for

3. Requerimientos de Diseño y Construcción

Los pararrayos serán fabricados con bloques de resistencias a base de óxido metálico; se instalarán al exterior y serán diseñados para proteger transformadores y equipos de media y alta tensión contra las sobretensiones atmosféricas. En los planos y en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados se indica los pararrayos que se fijarán al tanque de los transformadores de potencia.

Cada polo estará formado por una o varias secciones, según sea requerido por necesidad de fabricación, y contendrá todos los elementos del pararrayos.

Las columnas soportes serán de porcelana o de material polimérico (goma de silicón), según se indiquen en las Tablas de Datos Técnicos Garantizados, deberán tener una adecuada resistencia mecánica y eléctrica, así como una adecuada línea de fuga. De acuerdo con la capacidad de disipación de energía, los pararrayos serán CLASE 2 y 3 de acuerdo a la norma IEC, según se indique en las tablas de datos técnicos garantizados.

Los pararrayos contarán con un dispositivo apropiado para liberar las sobrepresiones internas que pudieran ocurrir ante una circulación prolongada de una corriente de falla o ante descargas internas en el pararrayos, para evitar una explosión violenta de la columna-soporte.

Las partes de los pararrayos deberán ser de construcción totalmente a prueba de humedad, de tal modo que las características eléctricas y mecánicas permanezcan inalterables aún después de largos períodos de uso.

Las partes selladas deberán estar diseñadas de modo que no penetre agua por ellas.

En caso de requerirse, se suministrará, en cada polo, un anillo para la mejor distribución del gradiente de potencial en el Pararrayos.

Cada polo deberá tener dos conectores, uno para el terminal que se conectará a la línea y otro para el terminal que se conectará a tierra.

Según se indique en las Tablas de Datos Técnicos Garantizados, en los sistemas con tensiones máximas de servicio iguales o superiores a 60 kV, se dotará a cada Pararrayos de CONTADORES DE DESCARGAS, los que operarán debido a la corriente de descarga que pasa a través del pararrayos. Con cada contador se suministrará la base aislante y los accesorios de fijación.

Las partes metálicas deberán estar protegidas contra corrosión mediante galvanizado en caliente.

4. Accesorios

Los siguientes accesorios deberán ser suministrados para cada juego de pararrayos.

- Placa de identificación.
- Contador de descargas (uno por cada pararrayos), cuando sean solicitados.
- Terminales de fase, para cable de aluminio en el rango de 120 a 240 mm².

- Terminales de tierra para conductor de cobre cableado de 70 a 120 mm² de sección, fabricados de bronce.

- Los pararrayos en sistemas con una tensión desde 60 kV y superiores deberán suministrarse con Estructura de soporte, con todas las tuercas y pernos necesarios para fijar adecuadamente el equipo, incluyendo los pernos de anclaje. Los pararrayos a instalarse en el tanque de los transformadores serán suministrados sin estructura de soporte.

- Herramientas necesarias.

- Otros accesorios.

- Catálogo de operación, mantenimiento, características técnicas y constructivas.

-

5. Datos a ser proporcionados por el fabricante

- Certificación de cumplimiento con las Normas IEC.

- Tipo y construcción.

- Características de comportamiento eléctrico.

- Servicio.

- Descripción del contador de descarga.

- Descripción del equipo y su comportamiento bajo condiciones de contaminación.

- Planos con dimensiones y pesos.

- Forma y dimensión de los terminales.

- Otros puntos necesarios.

6. Repuestos

Para cada ítem de los pararrayos, la oferta deberá incluir la entrega de una (1) unidad adicional como repuesto.

7 Pruebas

Los pararrayos deberán ser sometidos a las pruebas comprendidas en las Normas IEC vigentes en la fecha de suscripción del Contrato .

a) Pruebas Tipo

Al recibir la orden de proceder, el Fabricante remitirá los certificados de prueba Tipo, emitidos por una entidad independiente, que certifiquen la conformidad de las exigencias técnicas de los transformadores de medida.

Las pruebas Tipo serán como mínimo las siguientes:

- Prueba de tensión de sostenimiento de aislamiento externo
- Prueba de Tensión residual
- Prueba de tensión de sostenimiento al impulso de maniobra
- Prueba de Operación de Servicio
- Prueba de alivio de presión
- Prueba de envejecimiento acelerado
- Prueba de Descarga parciales
- Pruebas de Estanqueidad

b) Pruebas de Rutina

Las pruebas de rutina, ejecutadas en los talleres del fabricante, servirán de control final de la fabricación

- Prueba de medición de la tensión de referencia a frecuencia industrial
- Prueba de la tensión residual
- Prueba de medición de las corrientes a través del pararrayos
- Prueba de medición del descargas parciales

c) Inspección y asistencia a las pruebas

El propietario enviará a presenciar las pruebas finales a un (01) representante por el lote de pararrayos. El costo de transporte, alojamiento y estadía del inspector del Propietario, por el tiempo que duren las pruebas y ensayos, estarán incluidos en las ofertas.

8. Datos Técnicos Garantizados

El postor presentará con su oferta las Tablas de Datos Técnicos Garantizados debidamente llenadas, firmadas y selladas, las mismas que servirán de base para la evaluación técnico – económica de la oferta presentada y el posterior control de los suministros.

9. Planos, Diagramas y Manuales

El fabricante deberá proporcionar folletos manuales de operación y montaje y planos que ilustren ampliamente el diseño y apariencia del equipo que ofrece.

Al mes de emitida la Orden de Proceder, el Fabricante deberá suministrar para revisión y aprobación cinco (05) ejemplares de los Planos de DIMENSIONES GENERALES que muestren vistas y detalles de los aparatos y de los Esquemas y Diagramas Eléctricos. Esta documentación

deberá contener información suficiente para que el Propietario prevea los requerimientos de la obra civil y los trabajos de diseño ligados a él.

Antes del embarque de los equipos, el Fabricante deberá suministrar Cinco (05) ejemplares de los reportes de prueba del Fabricante y de los manuales de Operación y Mantenimiento por cada Pararrayo de características diferentes y seis (06) por cada 2 de características iguales.

Al salir de fábrica, cada equipo deberá llevar un juego adicional de la documentación anterior, perfectamente protegido y guardado dentro del embalaje.

Los manuales, leyendas y explicaciones de los planos, dibujos y diagramas, deberán redactarse en idioma Español.

Será por cuenta y riesgo del Fabricante cualquier trabajo que ejecute antes de recibir los planos aprobados por el Propietario. Esta aprobación no releva al Fabricante del cumplimiento de las especificaciones y de lo estipulado en el pedido.

10 Embalaje

El embalaje estará sujeto a la aprobación del Propietario, lo cual deberá establecerse de tal manera que se garantice un transporte seguro de todos los pararrayos considerando las condiciones climatológicas y los medios de transporte.

Las cajas y los bultos deberán marcarse con el número del contrato u orden de compra y la masa neta y bruta expresada en kg; se incluirá una lista de embarque indicando el detalle del contenido.

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

PARARRAYOS 12 kV

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	Fabricante			
1.2	Tipo		Oxido Metálico	
1.3	País de fabricación			
1.4	Altitud de instalación	m.s.n.m.	1000	
1.5	Normas de fabricación		IEC 99-4	
2.0	DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS			
2.1	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.2	Capacidad de absorción de energía	IEC	Clase 2	
2.3	Características de tensión: - Tensión nominal del sistema - Tensión máxima del sistema - Tensión nominal del Pararrayos - Tensión máxima de operación continua (COV)	kV kV kV kV	10 12 12 7.6	
2.4	Nivel de aislamiento del aislador - Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial, 1 min - Tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 μ s	kV kVp	28 75	
2.5	Aislador - Material - Línea de fuga total	mm	Porcelana 300	
2.6	Características de corriente: - Corriente nominal de descarga - Seguro contra explosiones	kAp kA	10	
2.7	Características de protección: - Máxima tensión residual a corriente de impulso empinado - Nivel de protección al impulso por sobretensiones de maniobra - Nivel de protección al impulso por sobretensiones atmosféricas	kVp kVp kVp		
3.0	CONTADOR DE DESCARGAS		Si	
4.0	MASAS, DIMENSIONES Y ESQUEMAS			
4.1	Soporte metálico y pernos de anclaje (Ver nota)		Si	
4.2	Masas: - Masa del Pararrayos - Masa del Pararrayos en caja para transporte	kg kg		
4.3	Dimensiones: - Plano de las dimensiones exteriores del Pararrayos - Altura - Diámetro - Dimensiones de la caja para embalaje - Altura mínima de la base del soporte a la parte inferior de la porcelana	mm mm mm mm	Si	
	Nota: Los Pararrayos que se instalarán en el tanque del transformador no requieren soporte metálico ni pernos de anclaje			

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

PARARRAYOS 21 kV

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	Fabricante			
1.2	Tipo		Oxido Metálico	
1.3	Pais de fabricación			
1.4	Altitud de instalación	m.s.n.m.	3200	
1.5	Normas de fabricación		IEC 99-4	
2.0	DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS			
2.1	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.2	Capacidad de absorción de energía	IEC	Clase 3	
2.3	Características de tensión: - Tensión nominal del sistema - Tensión máxima del sistema - Tensión nominal del Pararrayos - Tensión máxima de operación continua (COV)	kV kV kV kV	22.9 25 21 15	
2.4	Nivel de aislamiento del aislador - Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial, 1 min - Tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 µs	kV kVp	50 150	
2.5	Aislador - Material - Línea de fuga total	mm	Porcelana 625	
2.6	Características de corriente: - Corriente nominal de descarga - Seguro contra explosiones	kAp kA	10	
2.7	Características de protección: - Máxima tensión residual a corriente de Impulso empinado - Nivel de protección al impulso por sobretensiones de maniobra - Nivel de protección al impulso por sobretensiones atmosféricas	kVp kVp kVp		
3.0	CONTADOR DE DESCARGAS		Si	
4.0	MASAS, DIMENSIONES Y ESQUEMAS			
4.1	Soporte metálico y pernos de anclaje (Ver nota)		Si	
4.2	Masas: - Masa del Pararrayos - Masa del Pararrayos en caja para transporte	kg kg		
4.3	Dimensiones: - Plano de las dimensiones exteriores del Pararrayos - Altura - Diametro - Dimensiones de la caja para embalaje - Altura mínima de la base del soporte a la parte inferior de la porcelana	mm mm mm mm	Si	
	Nota: Los Pararrayos que se instalarán en el tanque del transformador no requieren soporte metálico ni pernos de anclaje			

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

PARARRAYOS 60 kV

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	Fabricante			
1.2	Tipo		Oxido Metálico	
1.3	País de fabricación			
1.4	Altitud de instalación	m.s.n.m.	3200	
1.5	Normas de fabricación		IEC 99-4	
2.0	DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS			
2.1	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.2	Capacidad de absorción de energía	IEC	Clase 3	
2.3	Características de tensión: - Tensión nominal del sistema - Tensión máxima del sistema - Tensión nominal del Pararrayos - Tensión máxima de operación continua (COV)	kV kV kV kV	60 72.5 60	
2.4	Nivel de aislamiento del aislador - Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial, 1 min - Tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 µs	kV kVp	185 450	
2.5	Aislador - Material - Línea de fuga total	mm	Porcelana 3075	
2.6	Características de corriente: - Corriente nominal de descarga - Seguro contra explosiones	kAp kA	10	
2.7	Características de protección: - Máxima tensión residual a corriente de Impulso empinado - Nivel de protección al impulso por sobretensiones de maniobra - Nivel de protección al impulso por sobretensiones atmosféricas	kVp kVp kVp		
3.0	CONTADOR DE DESCARGAS		Si	
4.0	MASAS, DIMENSIONES Y ESQUEMAS			
4.1	Soporte metálico y pernos de anclaje (Ver nota)		Si	
4.2	Masas: - Masa del Pararrayos - Masa del Pararrayos en caja para transporte	kg kg		
4.3	Dimensiones: - Plano de las dimensiones exteriores del Pararrayos - Altura - Diámetro - Dimensiones de la caja para embalaje - Altura mínima de la base del soporte a la parte inferior de la porcelana	mm mm mm mm	Si	
	Nota: Los Pararrayos que se instalarán en el tanque del transformador no requieren soporte metálico ni pernos de anclaje			

TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS

PARARRAYOS 120 kV

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	Fabricante			
1.2	Tipo		Oxido Metálico	
1.3	País de fabricación			
1.4	Altitud de instalación	m.s.n.m.	3200	
1.5	Normas de fabricación		IEC 99-4	
2.0	DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS			
2.1	Frecuencia nominal	Hz	60	
2.2	Capacidad de absorción de energía	IEC	Clase 3	
2.3	Características de tensión: - Tensión nominal del sistema - Tensión máxima del sistema - Tensión nominal del Pararrayos - Tensión máxima de operación continua (COV)	kV kV kV kV	138 145 120 92	
2.4	Nivel de aislamiento del aislador - Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial, 1 min - Tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 µs	kV kVp	325 750	
2.5	Aislador - Material - Línea de fuga total	mm	Porcelana 4250	
2.6	Características de corriente: - Corriente nominal de descarga - Seguro contra explosiones	kAp kA	10	
2.7	Características de protección: - Máxima tensión residual a corriente de impulso empinado - Nivel de protección al impulso por sobretensiones de maniobra - Nivel de protección al impulso por sobretensiones atmosféricas	kVp kVp kVp	288	
3.0	CONTADOR DE DESCARGAS		Si	
4.0	MASAS, DIMENSIONES Y ESQUEMAS			
4.1	Soporte metálico y pernos de anclaje (Ver nota)		Si	
4.2	Masas: - Masa del Pararrayos - Masa del Pararrayos en caja para transporte	kg kg		
4.3	Dimensiones: - Plano de las dimensiones exteriores del Pararrayos - Altura - Diametro - Dimensiones de la caja para embalaje - Altura mínima de la base del soporte a la parte inferior de la porcelana	mm mm mm mm	Si	
	Nota: Los Pararrayos que se instalarán en el tanque del transformador no requieren soporte metálico ni pernos de anclaje			

CAPITULO IV FUNCION DEL SUPRESOR DE TRANSITORIOS

4. Funcion del Supresor de Transitorios

4.1 Antecedentes:

- La actividad de descargas atmosféricas representa uno de los principales peligros en las instalaciones de comunicaciones.
- Debido a que, las fallas atribuidas a Rayos o descargas atmosféricas no son siempre identificables como tal, los diseñadores de los sistemas de protección frecuentemente descuidan este peligro.

Realmente, existen por lo menos dos factores que tienden a llevar al diseñador o cliente a tener un sentido falso de lo que es la seguridad.

Estos son:

1. El azar de la actividad atmosférica en la naturaleza, lo que significa que pueden pasar varios años sin que se presenten ataques directos o cerca de los equipos de interés, aún cuando lo estimado indique varios ataques al año.
2. Los efectos secundarios no son atribuidos siempre a la actividad atmosférica y puede atribuirse a fallas aleatorias o incipientes. El hecho de un impacto solo por si mismo no influye en fallas y, en algunos casos, puede que el riesgo de pérdidas debido a estos

efectos secundarios sea mayor. Estos efectos se describen en forma detallada dentro de la Bibliografía "The secondary effects of lightning".

Manejándose con los Peligros de los Rayos

Para prevenir la pérdida o la degradación de un equipo electrónico como resultado de la actividad de relámpago o atmosférica.

Quien diseña el sistema debe comprender el fenómeno y como es que este ocasiona fallas en los sistemas, para de esta forma seleccionar el apropiado concepto de protección para la causa que lo produjo.

Hay cuatro efectos secundarios que puede influir en el equipo que esta siendo protegido, además del ataque directo en si mismo.

Estos incluyen:

- Transitorios de Corriente de Tierra inducida
- Transitorios de Inducción atmosférica.
- Transitorios Inducidos Electromagnéticos
- Carga Latente.

Lo que el diseñador del sistema de protección debe tener en cuenta es:

- La causa
- Como ingresan los transitorios al sistema a proteger.
- El riesgo versus la selección del nivel de protección.

Debería tenerse en cuenta que el nivel de riesgo de una descarga atmosférica no es un número absoluto sino un rango de valores potenciales. Como, la corriente de pico puede variar desde 2 KA a sobre 500 KA, el valor de rizado puede variar desde unos cientos de amperios por microsegundo hasta sobre 500 KA en tan solo 50 nanosegundos.

En la elección de una protección en particular el diseñador ha de seleccionar algún nivel de riesgo que puede ser conocido o no, Obviamente, es mejor conocer a donde uno va a y por ello es importante conocer que el nivel de riesgo que uno ha seleccionado es aceptable.

En el lugar de las comunicaciones se debe protegerse contra:

- Los ataques directos a la torre o antenas.
- Transitorios inducidos en el servicio eléctrico.
- Transitorios inducidos en el "hardwitre" de las líneas de comunicaciones (no requerida en la fibra)

En este trabajo se discute los conceptos de protección para cada una de estas fuentes de generación de fallas y las características del riesgo conexas a las especificaciones para los potenciales protectores.

Es importante comprender que el mercado esta saturado con muchos tipos de protectores contra rayos. El costo puede variar desde unos dólares a miles de dólares.

El viejo adagio, "Usted obtiene lo que paga" es comúnmente cierto dentro de la industria de protección contra descargas atmosféricas.

Por eso, para estar seguros de los equipos debemos comparar sus características y especificaciones de desempeño.

Cuando estas especificaciones no son provistas, puede usted estar seguro que el protector no será satisfactorio para algún nivel razonable de riesgo.

4.2 Protección Contra Impactos Directos

Los impactos directos en el lugar de comunicaciones son un problema común. Esto es por la altura que alcanzan las antenas. Las alturas pueden variar desde por lo menos 30 mts a 100 metros, las que se encuentran localizadas a mayor altura, tienen mayor riesgo de un ataque a la torre.

Sin considerar las estadísticas, un ataque puede crear el daño suficiente o más de lo que puede costar lo que se paga para prevenir que ataque.

4.2.1 Los Sistemas de Prevención de Ataque.

Impiden que las descargas impacten dentro del área protegida, así como también prevenir del ataque sobre los sistemas de protección.

4.2.2 Sistemas de Desviador (SCDS)

Se considera como uno de los terminales preferidos para los ataques de rayos, y existe una variedad de sistemas para canalizar el flujo de la corriente de impacto de alrededor (desviación) del sitio protegido o equipo.

El uso de un SCDS para "proteger" el equipo electrónico es peligroso e ineficaz.

Es peligroso porque, para que funcione correctamente, debe instalarse en la proximidad cercana al equipo que está siendo protegido.

El SCDS es ineficaz porque fomenta la formación de efectos secundarios dentro de y cerca el equipo protegido.

Estas unidades pueden atraer el ataque, pero ello no impedirá daños.

Utilizar un sistema de prevención de ataque elimina todas las pérdidas potenciales cuando se aplica adecuadamente en un lugar determinado.

Hay alguna confusión con respecto al carácter de un sistema de prevención de ataque.

El primer sistema que se introdujo al mercado en 1971 y es conocido como el "Sistema de Arreglo de Disipación" Dissipation Array System (DAS). Desde entonces, varios "nuevos" productos se han comercializado como "disipadores", sin embargo, la historia ha probado que ellos son ineficaces en prevenir todos los ataques.

El sistema DAS puede presentarse en diversos tamaños y formas. Cada sistema debe diseñarse para adaptarse al lugar específico a ser protegido. No existe "Talla Única".

4.3 Protección Contra Perturbaciones en el Sistema de Servicio Eléctrico.

El servicio Eléctrico o las líneas de energía son una importante fuente relacionada con los destructivos fenómenos atmosféricos, debido a estar expuesto a estos.

Estas actividades producen diversas formas de anomalías de voltaje sobre el servicio eléctrico que se acopia directamente a cualquier sistema electrónico que se encuentra operando dentro del sistema de la línea, a menos que ellos tengan una forma apropiada de protección contra las perturbaciones que las puedan neutralizar o reducir a algún nivel "no dañino".

Nota: Un buen protector aumenta la confiabilidad del equipo protegido y extenderá su vida útil.

El grupo de trabajo de IEEE sobre la protección de perturbaciones creó una norma que define estos protectores como un "transient Voltage Surge Supresor" (TVSS).

Desafortunadamente ellos no consideraron el "Peor Caso" situación de donde un equipo puede estar en un área remota y utilizando una única línea energizada.

La figura 3 ilustra las tres ubicaciones, identifica como:

CATEGORIA A: Protección individual

CAEGORIA B : La protección se encuentra en la caja de distribución principal.

CATEGORIA C: Ubicada en la toma de energía o punto de acometida del servicio eléctrico al lugar a proteger.

En la categoría C la situación es que se debe realizar un derroteo para sitios rurales o lugares remotos.

Varias formas de onda para prueba recomendadas por la norma de la IEEE . En donde se indica incluir los requerimiento siguientes:

La Corriente de Pico 200 KA (99.5%)

Energía de Pico 50.000 Joules

Valor de alza 500 KA / Microsegundos

Tiempo para Encumbrar 50 Nanosegundos

La investigación a un 99.99 por ciento de impacto, el protector de línea para un lugar remoto debe desempeñarse satisfactoriamente bajo

la anterior situación . LEC ofrece una línea de productos de protección de perturbación (TVSS) que satisfaga los criterios arriba indicado.

Este concepto permite para un TVSS un mayor filtro y control muy ajustado de los picos de voltaje transitorio.

Protección Contra Transitorios en Línea Telefónicas o de Datos

Líneas de Teléfonos, Líneas de control y las diversas formas de las líneas de datos que ingresan normalmente a algún equipo , puede traer con ellos transitorios inducidos producidos por descargas atmosféricas.

Estos transitorios son un flujo de energía bajo pero pueden estar en un voltaje alto con respecto a tierra .

Como una regla general, un Data line Protecto (DLP) es requerido en cada punto final de los hardwir, entre el punto de ingreso de los cables y el equipo al cual van a ser conectados.

Además su conexión de tierra debe ser común con la tierra a ser usada por el TVSS y el equipo servido. Para operar satisfactoriamente en la mayoría de las situaciones (el 99.9 por ciento), el DLP debe ser capaz de:

Suprimir un transitorio de 5000 amperios de corriente pico

Reaccionar dentro de 5 nanosegundos

Disipar al menos 500 Joules

El DLP debe desempeñar a estos niveles sin falla.

Nota. Las normas de la IEEE recomiendan pruebas para la Categoría B, pero LEC considera estas normas demasiado conservadores.

Consideraciones de tierra

Los sistemas son importantes para un concepto de sistemas de protección total contra descargas atmosféricas, en donde se utilizan equipos electrónicos y además , proveer una baja resistencia de acoplamiento de tierra.

Cuando se usa el sistema DAS, este provee dos funciones esenciales:

Un Colector de carga de tierra (GCC) para el DAS

Una Referencia Común para todos sistemas en el lugar, sin impedancia importante entre los punto de tierras conectados.

La función de DAS/GCC se realiza circundando el sitio protegido con un conductor (LEC indica el uso de tuberías de cobre), que provee una trayectoria más eficiente a tierra con la menor impedancia. El conductor se conecta al ionizador DAS con un electrodo Chem Rod, así como también a la conexión de entrada a tierra (o ventana de tierra), también con un Chem Rod .

La Referencia Común debe proveer con un punto de cable de tierra que se conecte al edificio preferentemente en un pozo de tierra donde ambos el servicio eléctrico y las líneas remotas de datos entran al edificio

Si se quiere un arreglo ideal , cada unidad de equipo eléctrico/electrónico debería conectarse directamente a un pozo de tierra.

4.4 Comparación de Tecnologías Para Tvss

Sad/Mov/Strikesorb

Objetivo:

El objetivo del presente documento es analizar los beneficios y diferencias entre las distintas tecnologías usadas en protección contra transientes de voltaje.

Actualmente en el mercado de TVSS existen dos tipos de tecnologías, de forma que se buscará analizar ambas.

En primer término se analizará la tecnología de los protectores que emplean **diodos de avalancha conectados en paralelo (SAD)** .

En segundo término se analizará la tecnología que emplea **varistores de oxido metálico en paralelo (MOV)**.

Ambas serán a su vez comparadas con la tecnología del nuevo protector **StrikeSorb** que es utilizada en la línea de protectores **Rayvoss** de **Tyco Electronics**.

Desarrollo

1.-No es conveniente colocar elementos MOV en paralelo pues la experiencia práctica ha demostrado que no son lo suficientemente precisos en los valores de tolerancia de voltaje. Esto se confirma en los resultados del proceso de producción de los MOV, los que tienen una tolerancia de 20 % de elemento a elemento, de acuerdo a lo declarado por los fabricantes.

Esta es una razón fundamental por la cual no se los puede conectar en paralelo para proveer una adecuada protección.

Hay quienes sostienen que es posible lograr un pareamiento de elemento a elemento -de MOV a MOV-, lo cual sólo es posible bajo condiciones RMS y no en condiciones de alta corriente. Por esta razón, bajo condiciones de impulso de corriente, los diferentes MOV's operarán por separado, debiendo siempre uno de ellos operar primero. Este es precisamente el elemento que absorberá toda la carga inicial y fallará indefectiblemente al no estar diseñado para resistir toda la capacidad de impulso.

En el caso de las tecnologías SAD, los fabricantes no explican que sólo es necesario que un elemento se caliente, dado que no están unidos para disipar calor, para que haga corto, afectando a todo el grupo.

Las formas de fallas de elementos unitarios hacen necesario que cada componente del protector (o elemento en paralelo) tenga conectado un fusible de sobrecorriente y un fusible de temperatura, de forma que la falla de un elemento unitario no arrastre a la falla a todo el supresor.

2.-Las tecnologías SAD tienen una mejor tolerancia de voltaje pero no logran el perfecto emparejamiento entre elementos. Las tolerancias típicas de elementos SAD, para volúmenes de producción comerciales, son de un 20% -al igual que los MOV's-. A un costo mayor existirá disponibilidad de diodos SAD con tolerancias menores, pudiendo reducirse a entre 5 y 10 %.

Para el caso de los MOV's es posible mejorar la diferencia de tolerancia de voltaje de una manera similar, pero a un costo 2 o 3 veces mayor al original.

3.- Cuando sucede un transitorio y se registra la operación por impulso de corriente, las múltiples impedancias de los alambres con los cuales los pequeños elementos en paralelo son conectados MOV's ó SAD'S juegan un rol importante, resultando en que los impulsos de corriente llegan a diferentes partes en un arreglo de elementos paralelos a diferentes tiempos.

Por esta razón todo el esfuerzo y la energía impactará primero en un elemento en paralelo, con lo cual dicho elemento asume toda la carga, generando una condición de desgaste (stress), envejecimiento y falla simultánea.

Esto se debe a que no existe un emparejamiento perfecto entre los distintos elementos, lo que hace que siempre exista un nexo débil. Por ejemplo, dos fusibles de 2 Amperios cada uno no hacen un fusible de 4 Amperios).

4.- La estrategia de los sistemas tipo Diodo (SAD) es mucho más costosa, en dólares por equipo. Por lo tanto, los fabricantes de TVSS basados en dicha tecnología argumentan que sólo es necesario un sistema de 3 unidades de protección, es decir:

Fase 1 a neutro

Fase 2 a neutro

Fase 3 a neutro

En tanto, en el caso de sistemas MOV, se utilizan siete unidades de protección:

- Fase 1 a neutro Fase 1 a tierra
- Fase 2 a neutro Fase 2 a tierra
- Fase 3 a neutro Fase 3 a tierra
- Neutro a tierra

Con lo cual los fabricantes de SAD aducen tener un equipo más económico para poder competir en el mercado.

Sin embargo, este argumento no es válido pues dado que la norma señala que se deben utilizar 7 unidades, entonces esto es lo que se debe usar.

Si por necesidades de protección se deben usar sólo 3, entonces se deben usar solo 3.

En conclusión. Si nos atendemos a la especificación, los MOV siempre serán más económicos.

5.- Los fabricantes de los sistemas tipo diodo arguyen que no es necesario tener altos valores de resistencia a impulsos de corriente eléctrica. Mencionan valores menores a 40 kA.

Esto es otro débil argumento, pues las descargas atmosféricas son tan grandes como la experiencia práctica demuestra. En virtud de ello los MOV siempre serán más económicos.

Tecnología Strikesorb

Con todo lo expuesto, se conclúyelo siguiente:

- I. Abandonar cualquier idea de usar elementos pequeños en paralelo pues no operan adecuadamente. Se elige por tanto trabajar con discos MOV de 80 y 40 mm de diámetro.
- II. Se configuró el sistema de "empaquetamiento" de los MOV de manera que pudieran manejar de modo óptimo la termodinámica de la descarga atmosférica, evitando la formación de "puntos calientes" y logrando así el máximo rendimiento de cada elemento.
- III. Los protectores se construyen de forma muy robusta de tal manera que puedan soportar las fuerzas electromecánicas generadas durante la presencia de elevados impulsos de corriente. La gran mayoría de otros sistemas explotan a niveles del orden de 70 kA. El **Strikesorb** puede resistir niveles de hasta 150 kA sin deterioro de la protección.
- IV El diseño está configurado de manera que se logra la menor impedancia. Por lo tanto no existe incremento del nivel de voltaje por largo de los alambres de conexión. Tampoco existirá retraso en los tiempos por efecto de las inductancias de conexión de los pequeños elementos MOV's o SAD's de otros fabricantes.
- V El elemento **Strikesorb** está diseñado para soportar grandes disipaciones de energía y tiene una gran resistencia a impulsos de corriente de hasta 150 kA.
- VI Al conectar el protector Rayvoss en serie se consigue mejorar el margen de protección, pues elimina casi el 90% del sobrevoltaje, porcentaje que no se puede conseguir con una conexión en paralelo utilizando cualquier otro protector disponible en el mercado.

4.5 Mejoras en La Protección de Equipos Contra Transientes en Base a una Nueva Tecnología de

4.6 Óxido Metálico Modificado Raychem Para uso en Supresor de Transitorios.

El sistema de protección contra sobrevoltajes por transientes en paralelo, usualmente está limitada en su capacidad de proveer protección adecuada para los equipos electrónicos. Esta limitación es creada por las altas razones de clamp que tienen los Oxido éstos muy populares en los componentes de

Protección primaria

Lo anteriormente señalado está ilustrado en la Figura 4.1

Así como la corriente máxima de descarga se acerca al límite de la capacidad de energía del elemento protector, el voltaje máximo visto por el equipo a proteger puede ser más de cinco veces más que el voltaje clamp inicial durante la duración del fenómeno.

Para perfeccionar el comportamiento del protector es necesario disminuir la razón de clamp. Sin embargo, desde que esos módulos son en realidad resistores no lineales, los parámetros críticos son definidos por las características físicas del M.O.V. o del nivel de energía seleccionado para los cuales se han seleccionados

En el interés de la economía, productos disponibles de entrega inmediata son seleccionadas y conectados en alguna forma los arreglos en paralelo. Sin embargo, como esos componentes no son idénticos, el voltaje varía por lo menos un 5%, ellos limitados tanto en contabilidad como en eficacia.

LEC ha desarrollado un nuevo módulo de Prevención de impulso de sobrevoltaje que supera todos los antiguos problemas y otros puntos no discutidos en este artículo.

Estos módulos, tal como están ilustrados en la Figura 4.2 y 4.3, están contruidos con un montaje especial de MOV, cuya química ha sido desarrollada específicamente para esta aplicación por la empresa Raychem Corporation, con base en Menlo Park, Estados Unidos . Para entender su capacidad, es necesario saber que el diámetro del Modulo determina la corriente de descarga máxima y normal que el Modulo es capaz de manejar, y asimismo la razón de clamp, la cual determina el voltaje clamp o el nivel inicial de protección contra el sobrevoltaje.

El nuevo Modulo de protección LEC-Raychem usa un diámetro mucho mayor, de este modo puede manejar mucho mayor corriente de descarga de operación y de mejor manera el impulso de corriente máxima. Además el punto de Clamp tienen una variación muy baja cercana al 1%, de este modo permite el uso en paralelo sin sobrecargar ningún disco de M.OV.

Las unidades paralelas está comprimidas entre 2 planchas electrodos planos, así se distribuye la descarga de energía a través de cada disco contenido en el Bloque.

Esto resulta en una distribución uniforme de la energía de descarga a través de todas las partes del Modulo SPD al mismo instante. Esto contrasta la técnica convencional de la soldadura de un alambre por ambas caras, lo que produce una concentración de la energía en esta conexión. Este método produce finalmente la falla del módulo debido a la perforación o efecto

“punching through” en el módulo SPD entre dos uniones de alambres soldados, los puntos frágiles de este sistema de montaje. Una ventaja adicional de la construcción del módulo, es la de la descarga o efecto “heat sink”, las cuales están definidas por la capacidad térmica de dos planchas electrodos conectadas por ambas caras.

Regresamos a la Figura 4.1, la cual muestra las ventajas de los nuevos módulos de protección, incluso aunque esta pueda ser usada en un modo paralelo. Primero es necesario señalar que la mayor desventaja de los protectores paralelos es la respuesta al impulso de descarga de corriente y en particular el resultado del alto voltaje que se aprecia en las cargas protegidas, ante el fenómeno de altas corrientes de descarga. Si esta condición puede ser eliminada o reducida a niveles más aceptables, el resultado de la protección paralela se convierte en un sistema muy aceptable. Los módulos LEC y SPC están diseñados para llevar a cabo este objetivo.

Es por esto que la solución esta relacionada al tamaño de los módulos seleccionados de M.O.V., como asimismo a su stress (voltaje específico) de diseño, otorgado por sus características fisicoquímicas y en particular la suma de energía que el protector manejará antes de pasar al estado de deterioro, cuando maneja mayor energía a su capacidad por un período de tiempo extenso.

Por lo tanto, es necesario examinar las características de los MOVs, específicamente el impacto del diámetro, y la composición química, los cuales nos definen dos variables: La capacidad de absorción de energía y la

razón de clamp. Luego a mayor diámetro mayor será la capacidad de absorción de energía y mejor será la razón de clamp (menor es mejor)

Esto significa que una forma de reducir de voltaje a través del varistor y por lo tanto en la carga es de usar módulos M.O.V. de mayor diámetro.

Lo anteriormente señalado se ilustra en la Figura 4.1, lo cual contrasta el desempeño de la categoría C. del IEEE con lo ofrecido por la LEC SPMB, del modulo de la categoría c.

Los resultados son obvios, los voltajes clamp del estándar definido por la categoría C del IEEE (unos 10 KA surge) con el modelo LEC, es menor de la mitad de los demás conceptos estándares. Además se requiere una descarga de corriente actual de sobre los 100.000 amperes para elevar el voltaje clamp, al que permite el estándar del IEEE.

Varios otros importantes factores se necesitan considerar, que también son relacionados con la tecnología y construcción de los nuevos módulos de protección de m.o.v.

Esos factores se relacionan con el uso de electrodos de aluminio gruesos, usados para hacer contacto con las superficies de los varistores de MOV. Refiriéndonos a la figura 4.2, los varistores de MOV usados en tecnologías convencionales son cubiertas por ambos lados con un metal conductor. La similaridad finaliza aquí. En contraste con la aproximación convencional donde los alambres son soldados en cada cara del MOV Los varistores Raychem son montados por entre 3 planchas gruesas de metal. De este modo el contacto es hecho con cada una de las caras de los

varistores. Con esto se cumplen 3 objetivos, todo lo necesario para optimizar el rendimiento del montaje.

1.- Distribuir la energía de la descarga equitativamente a través de los varistores, los que a su vez están fabricados de forma 100% homogénea por la química de los semiconductores cerámicos Raychem.

De este modo se previene el "Punch Through", perforación en cualquier punto.

2.- Se distribuye la energía equitativamente entre todos los Varistores en el interior del armazón, de este modo se previene la sobrecarga de cualquiera de los varistores sometidos a altas corrientes de descarga.

3.- Energía calórica generada por múltiples impulsos de sobrevoltaje es conducida rápidamente fuera de los varistores por los electrodos refrigerantes, incrementando de este modo la vida de estos.

El resultado final es un Modulo Previsor de descargas de sobrevoltaje que es capaz de manejar mucho mayor energía y más a menudo que otros sistemas o conceptos en mercado hoy en día.

Modulo de Prevencion de Impulsos para Categoria "C"

El montaje de los ocho discos cerámicos semiconductores Raychem, que nos muestra la figura 4.3, manipulará al menos 150.00 amperes de corriente de descarga. Esos son diseñados para ser usados en el peor de los casos. En la aplicación categoría C, en las entradas de los servicios eléctricos tales como sitios rurales o cimas montañosas.

Modulo de Prevencion de Impulsos para la Aplicación de la Categoría B.

El montaje de los 4 discos semiconductores cerámicos Raychem, que nos muestra la Figura 4.2, manipulará al menos 100.000 amperes de corriente de descarga de operación. LEC usa esas unidades para la categoría B, que son los casos de cajas de interruptores.

Bajo la prueba de IEEE "B", ellos fijan el sobrevoltaje a nivel del equipo a proteger en menos de 1.3 de voltaje inicial. Sin embargo, ellos también pueden utilizar en aplicaciones de categoría C, cuando el riesgo de una descarga de alta energía son bajas, tales como en áreas urbanas.

4.5.1 Definiciones

a- .SCD

Un elemento SCD (Surge Control Device) es una unidad básica de protección conformada por material no lineal dependiente del voltaje que realiza las funciones de mecanismo de protección contra transientes entre fase-neutro, fase-neutro o neutro-tierra.

b. SPD

Un método SPD (Surge Protective Device) es una unidad completa de protección conformada por un elemento no lineal dependiente del voltaje o un conjunto de SCD, que realiza las funciones de mecanismo de protección contra transientes entre fase-tierra, fase neutro, neutro-tierra.

c. TVSS

Un Supresor o TVSS (Transiente Voltage Surge Supresor) es el equipo completo que protege la UPS contra transientes y est formado al

menos por 3 módulos SPD de forma de proteger a la fuente de poder (UPS) entre fase-tierra, fase neutro y neutro-tierra (modo común y modo normal).

d.- D-SPD

Es el equipo que desconecta y protege a la vez a cada SPD de la red en el evento que este elemento falle o se requiera mantención de él, de forma tal que se elimina todo riesgo a las personas o equipos asociados al TVSS.

e.- Vnom (Vn)

El voltaje Nominal de cada SPD y se debe entender como el voltaje de trabajo normal (valor RMS a frecuencia nominal), para el cual el SPD esta diseñado.

f.- MCOV (Voltaje máximo de operación).

Es el voltaje de operación continuo de cada SPD y esta definido como el máximo valor continuo en volts. Permisible de aplicar a frecuencia nominal en forma continua entre los terminales de cada SPD sin producir degradación alguna.

g.- Corriente de Referencia (Vr).

Es el valor peak de la corriente a frecuencia nominal usado para determinar el voltaje de referencia de cada SPD.

h. Voltaje de Referencia (Vr).

Es el valor peak del voltaje residual a frecuencia nominal dividido por $\sqrt{2}$ medido cuando se aplica la corriente de referencia al elementos SPD.

Se conoce V_{rn} , como el voltaje de referencia normalizado, cuando por el SPD o TVSS fluye una corriente de referencia igual a 1 mA.

i.-Corriente de Descarga (Itr).

Es la corriente (impulso de corriente), la cual fluye a través del SPD durante un sobrevoltaje transciente (8/20 useg.) expresado como valor peak y medido en kAmp/fase.

j.- Voltaje Residual o Clamping (Vc)

Es el valor peak de voltaje medido en los terminales del SPD o TVSS cuando la corriente de descarga esta fluyendo.

F3. 4-1: COMPARACIÓN DEL ESTANDAR IEEE CON EL COMPORTAMIENTO DE LOS MODULOS LEC SP. (CATALOGO LEC)

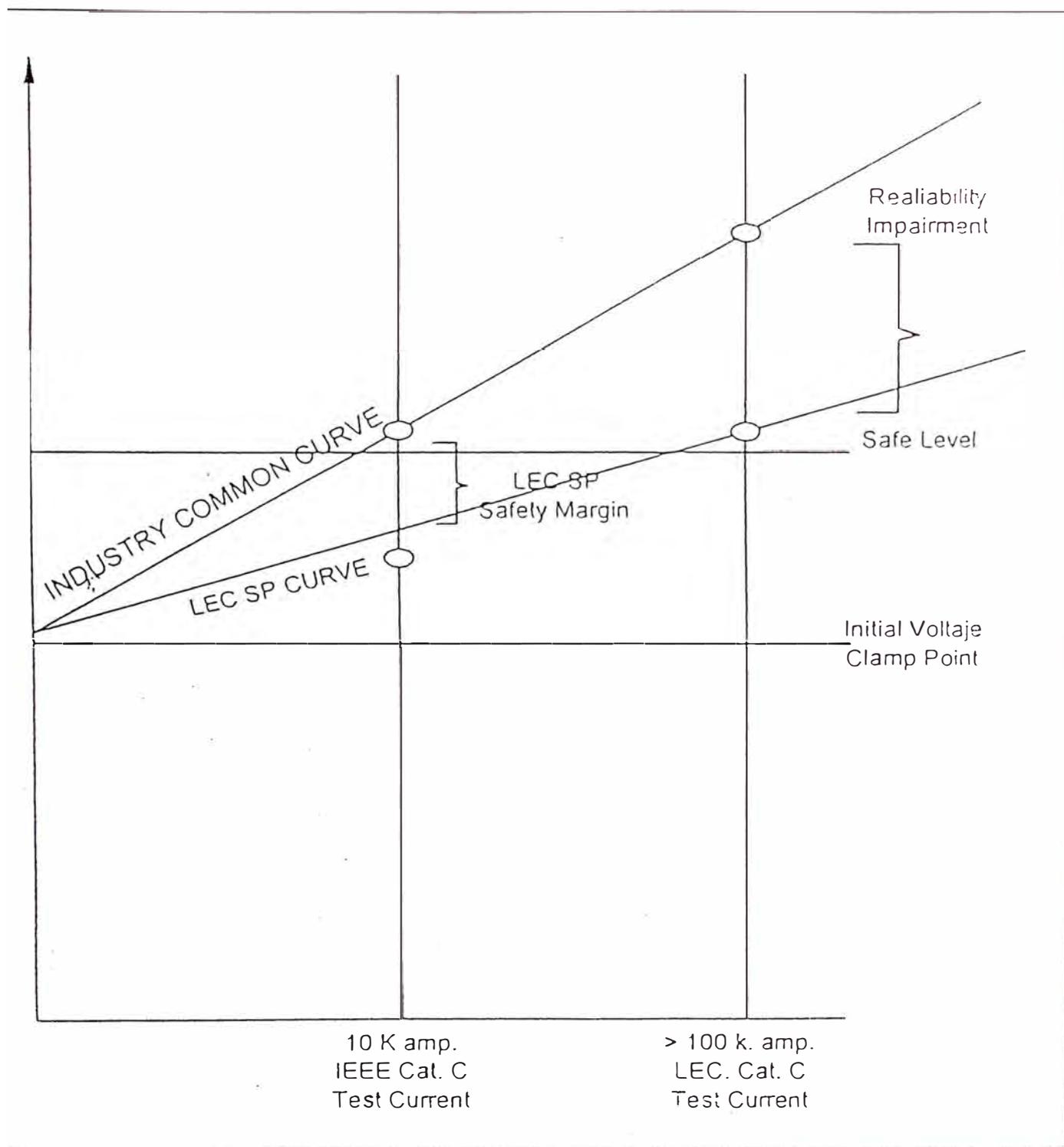


FIG. 4-2: MODULO BLOCK DE M.O.V. DE 4000 JOULES (CATALOGO LEC)

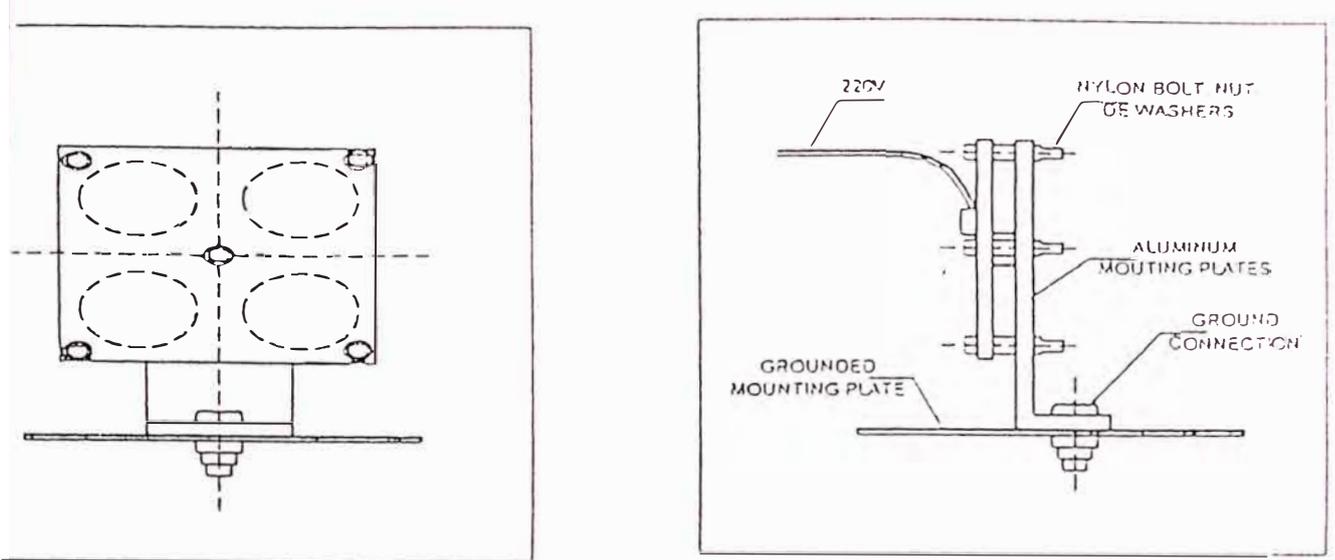
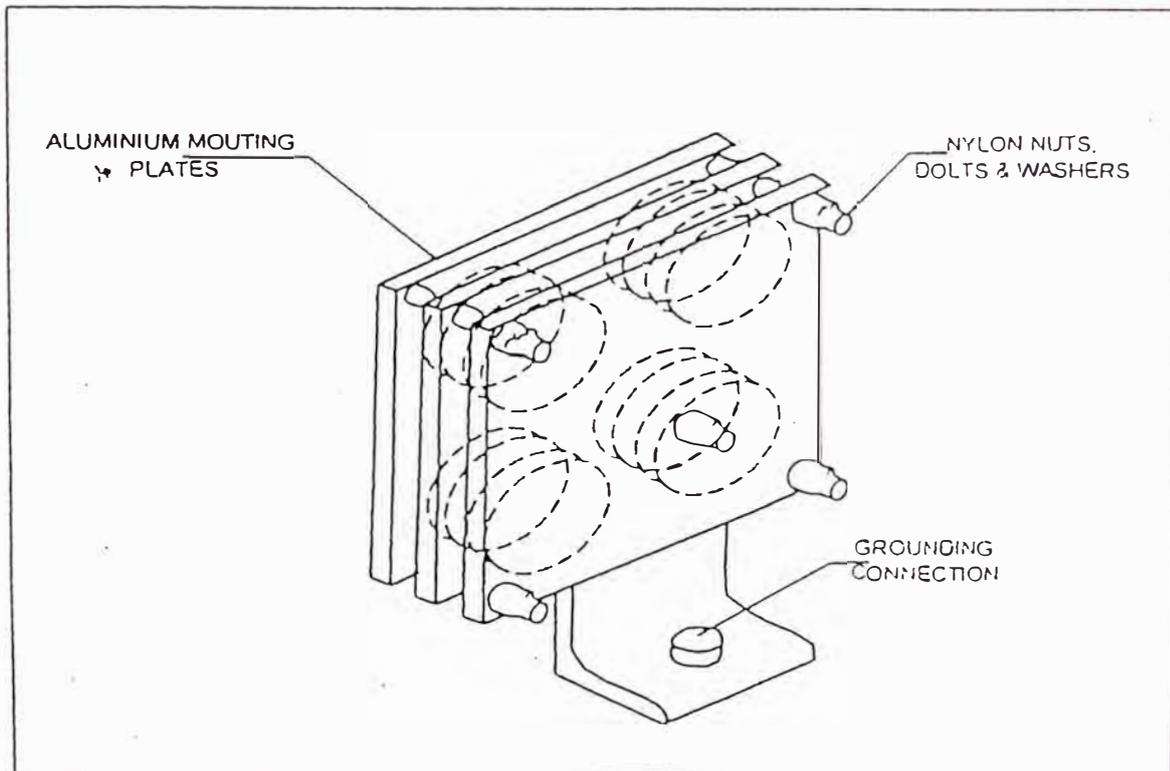


FIG. 4-3: MODULO BLOCK DE MOV. DE 8000 JOULES (CATALOGO LEC)



CAPITULO V
-RESULTADOS DEL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
PROTECCIÓN EN LA ESTACION REPETIDORA DE
SAYHUAPUNTA - CUSCO.
-PLANOS DEL PROYECTO P-01 Y P-02.

5. Resultados del Mejoramiento del Sistema de Protección en la Estacion Repetidora de Sayhuapunta.

5.1 Consideraciones Preliminares

Quiero hacer mención al Ing. Michael Lizot, especialista en protección contra descargas atmosféricas de la ONU, quien me asesoró para encontrar una solución para el problema planteado.

Dicho especialista una vez en la estación, realizó una inspección de la torre de 60 mt; detectando en los siguientes errores garrafales de diseño.

1. No es necesario que la torre sea de 60m. si las antenas están ubicadas a menos de 20 mts . Conclusión desmontar los 40 mt.
2. Nunca se escoge un cerro de Roca pura, para ubicar la estación donde van ha estar los equipos de telecomunicaciones , en vista de que es imposible tener un buen sistema de tierra; a no ser de efectuar una gran inversión.

5.2 Equipamiento Después del Mejoramiento del Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas

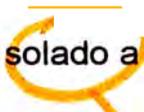
a).- Sistema de Puesta a Tierra

1. En vez de conductor de cobre utilizar platinas de acero inoxidable de 30 mm x 3mm, los cuales bajaran soldadas a cada una de las esquinas de la torre, formando anillo cada 10 mt., como se puede apreciar en el plano P-02.
2. En el caso de la torre de 20 mt. La platina bajara del pararrayo franklin, soldado a una de las esquinas de la torre.
3. Referente al sistema de tierra:

Las platinas que bajan por las esquinas de la torre al llegar al suelo se dividirán en 2 direcciones, los cuales estarán soldadas al sistema de tierra existente que también será con platinas de acero inoxidable.

En la parte baja se hará un sistema de tierra convencional.

Todo el sistema de tierra será soldado (cadweld)

4. Referente al cable NKY, que viene de la sala del grupo electrógeno hasta la estación de microondas será protegido con la instalación de 2 platinas de acero inoxidable de 30x3mm, instaladas en paralelo al cable NKY a 0.40m de profundidad. La chaqueta de plomo del cable NKY estara  soldado a las platinas de acero inoxidable y estos a su vez a los pozos de tierra ubicados en la trayectoria del cable NKY.

La chaqueta de plomo del cable NKY está soldado a la platina de acero inoxidable.

5. Un sistema de tierra para los equipos en C.C., con tubería de cobre de 8mm de diámetro.
6. Las partes metálicas de las obras civiles tanto de la caseta del grupo electrógeno, así como de la estación de microondas tienen que estar soldados al sistema de tierra con platina de acero inoxidable, también el tanque de petróleo, las puertas metálicas etc.
7. Se efectuaron mediciones de la resistencia de puesta a tierra dando lecturas de 5 ohmios en la parte alta donde se encuentra ubicado la estación repetidora y 1 ohmio en la parte baja donde se encuentra ubicado el grupo electrógeno.

b).- Pararrayos

8. Retirar los 3 pararrayos Thor de la torre de 60 mt y de la torre de 20mt, quedando solo un pararrayo franklin combinado con tecnología de arreglo de disipación, con terminal de esfera erizada (SBT).

c). Supresor de Transitorios

9. A la salida del grupo electrógeno hay que instalar un filtro, y supresor de transitorios en la entrada y salida del transformador.
10. En la caseta de microondas también consideran supresor de transitorios tanto en la entrada y salida del transformador.
- 11.-En la caseta de microondas considerar la instalación de un transformador de aislamiento de 70KV

CONCLUSIONES

1. Los especialistas en la elección de la ubicación geográfica donde se construirá la caseta , para los equipos de telecomunicaciones deben descartar totalmente la elección de un cerro de roca pura para la ubicación de los equipos, debido a que en este tipo de terrenos es muy difícil lograr un buen sistema de tierra y siempre se va tener problemas con las descargas atmosféricas.
2. La elección del tipo de sistema de tierra siempre se debe realizar después de las mediciones de resistividad del terreno, que será la base para el diseño, para lograr la alternativa mas conveniente.
3. El sistema de tierra será uno solo , que garantice que todo este al mismo potencial interconectando las tomas de tierra de corriente alterna baja y media tensión, corriente continua (equipos), de los pararrayos, de la torre y todas las partes metálicas de la instalación incluyendo las estructuras de la obra civil.
4. En lugares donde las descargas eléctricas son intensas las instalaciones de suministro eléctrico en baja tensión como en media tensión, así como las instalaciones telefónicas deben de ser subterráneas.

5. Referente a los pararrayos , los pararrayos franklin han dado buenos resultados en los lugares donde había problemas con las descargas eléctricas , donde se cambiaron los pararrayos ionizantes por el franklin combinado con tecnología de arreglo de disipación, con terminal de esfera erizada (SBT).
6. Referente a los supresores de transitorios se pueden usar los supresores de tecnología Strikesorb como también los de tecnología de diodos de avalancha (SAD), integrados por pequeños varistores en paralelo (MOV).
7. Para evitar aumentar el tiempo de respuesta de los supresores de transitorios, los cables utilizados en la conexión deben ser los mas cortos posibles, evitando que tenga curvas pronunciadas y lo mas cerca posible al equipo a proteger.

ANEXOS

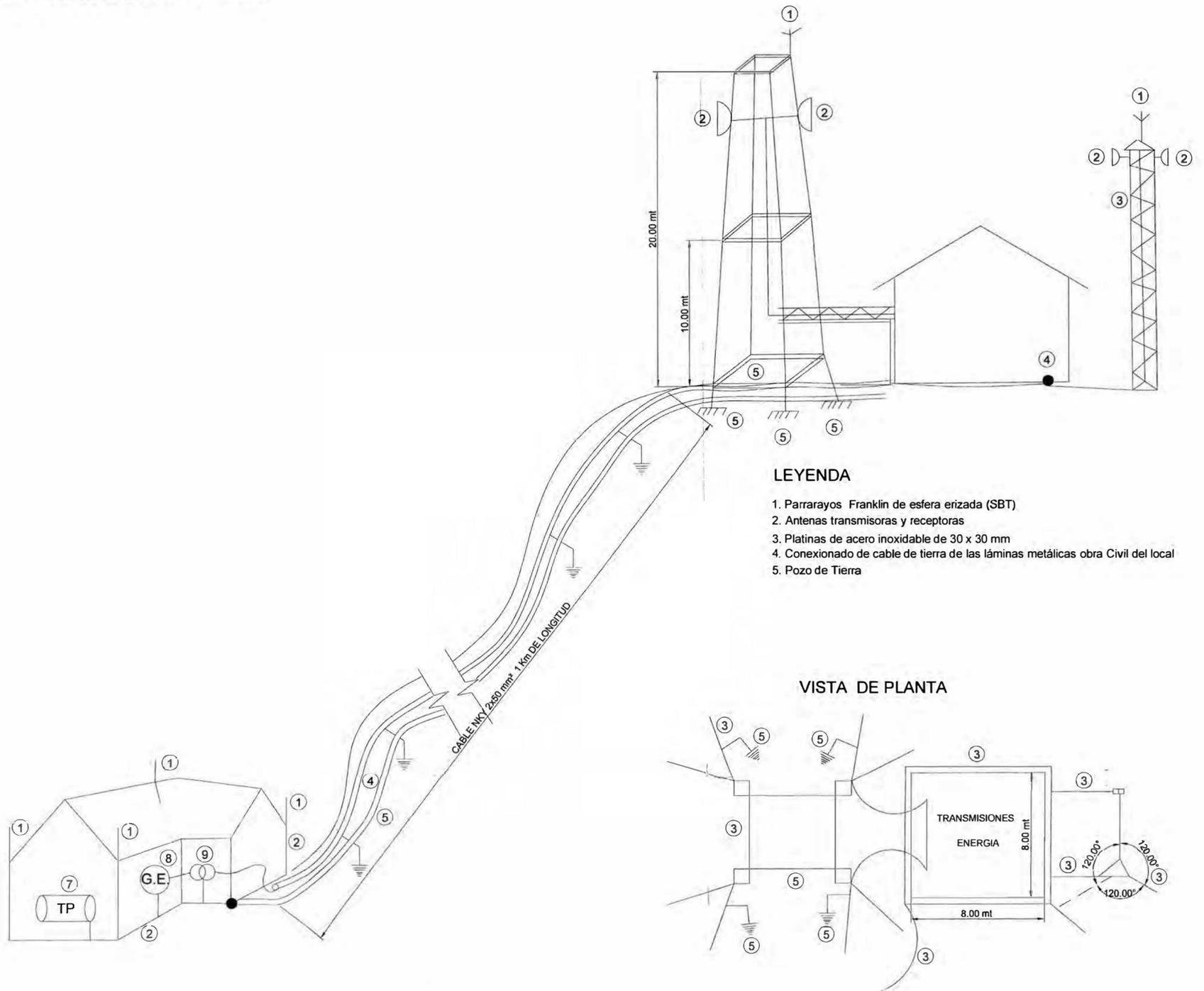
1. PLANO P-01 Y P-02 DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA ESTACION REPETIDORA DE SAYHUAPUNTA.
2. CATALOGOS DE SISTEMAS DE TIERRA CON HIDROSOLTA
3. CATALOGOS DE SISTEMAS DE TIERRA CON CHEM ROD
4. CATALOGOS DE PARARRAYOS
5. CATALOGOS DE SUPRESOR DE TRANSITORIOS

PLANOS DEL PROYECTO : P01 Y P02
***MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN LA
ESTACIÓN REPETIDORA DE MICROONDAS
DE SAYHUAPUNTA.***

CATALOGOS DE SISTEMA DE TIERRA

CATALOGOS

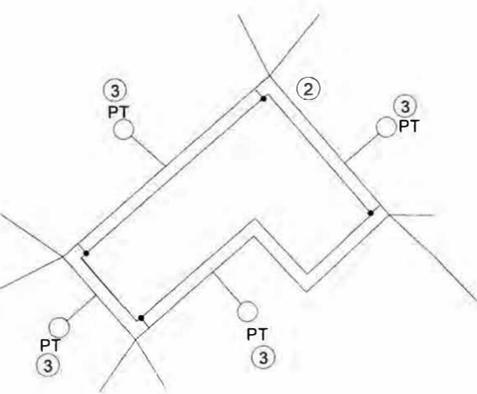
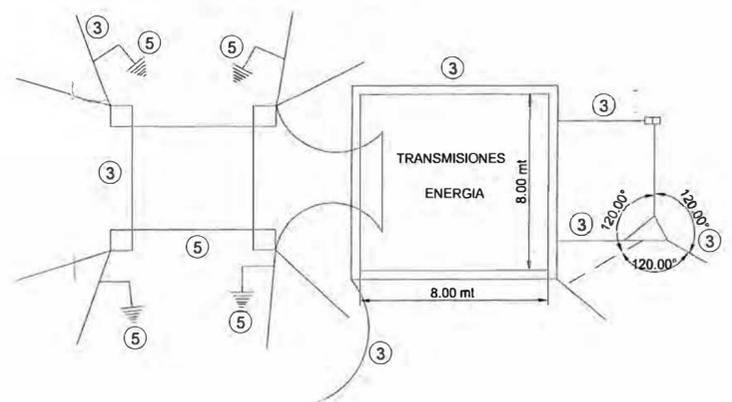
CONFIGURACION FINAL DESPUÉS DEL MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION
CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS



LEYENDA

1. Parrarayos Franklin de esfera erizada (SBT)
2. Antenas transmisoras y receptoras
3. Platinas de acero inoxidable de 30 x 30 mm
4. Conexionado de cable de tierra de las láminas metálicas obra Civil del local
5. Pozo de Tierra

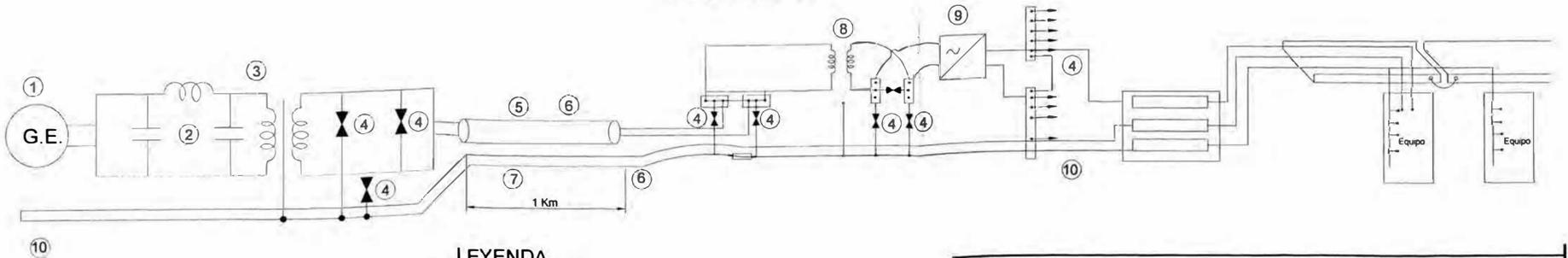
VISTA DE PLANTA



LEYENDA

1. Varilla de Cable 5/8" Ø x 2.40
2. Platina de acero inoxidable de 30 x 30 mm
3. Pozos de tierra
4. Cable NKY 2 x 50 mm²
5. 2 platinas de acero inoxidable de 30 x 30 mm² a 40 cm de profundidad
6. Tanque de Petróleo
7. Grupo Electrógeno
8. Transformador 15 KVA 220/440V

DIAGRAMA FINAL



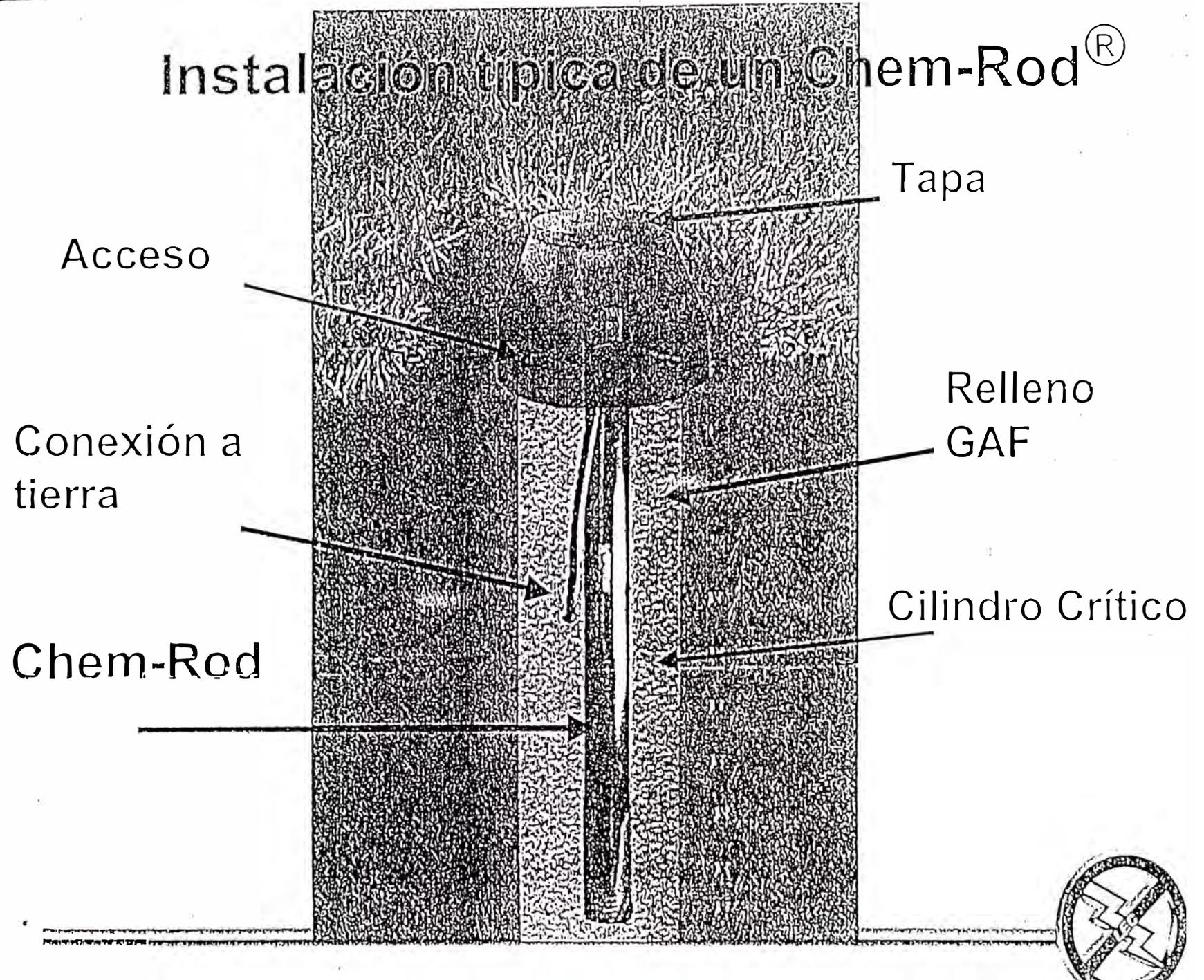
LEYENDA

1. Grupo Electrógeno
2. Filtro
3. Transformadores 15 kVA-220/440V
4. Supresor de Transitorios EFI LA - iSE 120/240 monofasico
5. Cable NKY 50 mm² instalación subterránea a 0.40 m
6. 2 Platinas de acero inoxidable de 30 x 30 mm
7. Conexiones de la chaqueta de Pb del Cable NKY a la platina que está interconectado a los pozos de tierra
8. Transformador de 440/220 V de 15 KVA
9. Rectificador
10. Barras de Tierra

PROPIETARIO			
TELEFONICA DEL PERU			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
PLANO : MEJORAMIENTO DE SISTEMA DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS EN LA ERMO SAYHUAPUNTA			
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	PLANO No
CUZCO	CUZCO	OCONGATE	P-02
DIBUJO	ESCALA	FECHA	
ARQ CARTYULI	1/250	MAYO 2,005	

SISTEMA DE PROTECCION PUESTA A TIERRA CHEM ROD

Instalación típica de un Chem-Rod[®]



Sistema de Puesta a Tierra *HEM-ROD*® (Barra Química):

Protección Eléctrica Diseñada Para la Industria.

- *Chem-Rod*® es un sistema a tierra de baja impedancia de sobretensión
- específicamente diseñado para:
- sistemas de protección contra rayos.
- sistemas de eliminación de sobretensiones de energía y corrientes transitorias.
- prevención de accidentes por corrientes transitorias y cargas estáticas.
- lograr los requerimientos de seguridad de Aterrizaje para subestaciones eléctricas.
- protección de equipos electrónicos contra todos los peligros de la energía eléctrica.
- conexión a tierra de sistemas de energía de corriente alterna.
- la obtención de sistemas neutralizadores de fallas a tierra rápidos y eficientes.
- conexión a tierra de sistemas electrónicos y centrales de comunicación.
- satisfacción de los requerimientos de seguridad para los equipos DOD.

El Sistema *Chem-Rod*® cumple o excede todos los estándares de seguridad y códigos de diseño desarrollados para la protección de personal, propiedades y equipos sensibles. En este momento, el *Chem-Rod*® está protegiendo a personas, capital invertido en equipos valiosos y equipos electrónicos sensibles en estaciones de radio y T.V., aeropuertos, centros de control de tráfico aéreo, plantas generadoras de fuerza motriz, plantas meteorológicas, almacenamiento de combustible, refinerías, plantas químicas, centros de telecomunicaciones y computadoras, aún parques de recreación. Estas instalaciones están localizadas en algunas de las áreas del mundo más propensas a sufrir los efectos de los rayos.

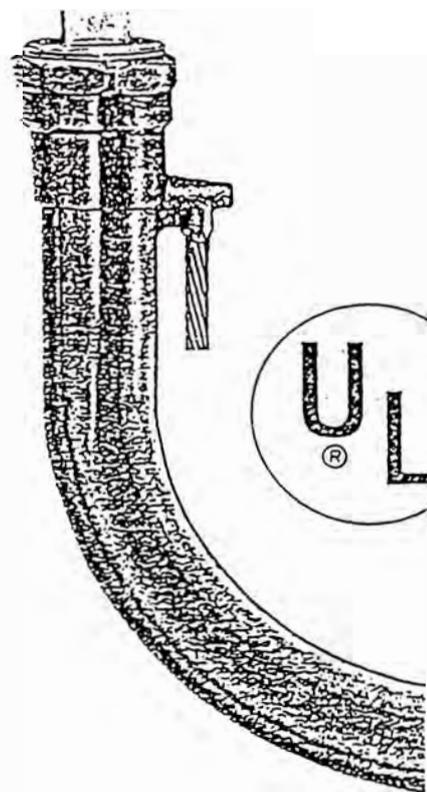
El daño causado por un solo impacto de rayo ó corrientes transitorias puede costar miles de dolares en pérdidas de equipos, tiempo perdido, operaciones interrumpidas o la posibilidad de pérdida de vidas humanas. Esta es la razón por la cual el sistema *Chem-Rod*® es tan importante. Es el sistema a tierra más eficiente que hay disponible; y una vez instalado, provee una tierra estable de baja resistencia y confiable. Su vida útil esperada iguala o excede a la de una tierra convencional.

¿Porque el *CHEM-ROD*® es tan eficiente?

El *Chem-Rod*®, provee una perfecta conexión de baja resistencia con la tierra al condicionar el suelo circundante.

Al contrario de otros sistemas electrolíticos a tierra, el *Chem-Rod*® acondiciona químicamente un gran volumen de suelo. Las sales minerales especialmente preparadas son uniformemente distribuidas a lo largo de la longitud del electrodo, y el acondicionamiento continuo de un área más grande asegura una tierra de resistencia ultra-baja que es más efectiva que los sistemas convencionales.

De hecho, los *Chem-Rod*®s son tan eficientes que uno solo puede reemplazar 10 barras convencionales. Este es un factor importante cuando uno compara el número de barras en el área de terreno necesaria para lograr tierras de baja resistencia de menos de 1 ohm. Es aún más importante, cuando uno entiende que a medida que los requerimientos de baja resistencia se reducen a valores absolutos significativamente más bajos, el número de barras y el terreno requerido incrementan exponencialmente.



Configuraciones horizontales están disponibles para facilitar las instalaciones en áreas donde no son practicas hacer agujeros verticales.

La siguiente tabla compara el rendimiento del *Chem-Rod*® con otros dispositivos de conexión a tierra en condiciones clima y suelo variable en un periodo de tres años.

TIPO DE ELECTRODO	RESISTENCIA DEL TERRENO					VARIACION DE LOS RESULTADOS EN FUNCION DE HUM. Y LA TEMP.	
	9	62	270	3.7 K	30 K		
	RESISTENCIA MEDIA-OHMIOS						
<i>Chem-Rod</i>	0.2	<2.0	<10	<90	<1 K	40%	
Pica Barométrica*	0.5	9.0	22	240	2 K	200%	
Pica convencional	1 año	2.3	1.8	44	350	1.5 K	200%
	2 años	5.0	30	>80	430	3 K	200%
Pica convencional*	7.2	22	65	430	10	200%	

*Los valores son medidos con una Barra Convencional de 3/4" x 10'.

Nótese que los *Chem-Rod*®s, lograron la resistencia de tierra más baja y que su rendimiento y operación fue el que menos varió. Además, las características especiales de los *Chem-Rod*®s, facilitan la operación y un rendimiento mucho mejor que el ilustrado por las pruebas. Conclusion: Los *Chem-Rod*®s, son estables, eficientes y cinco veces más confiables.

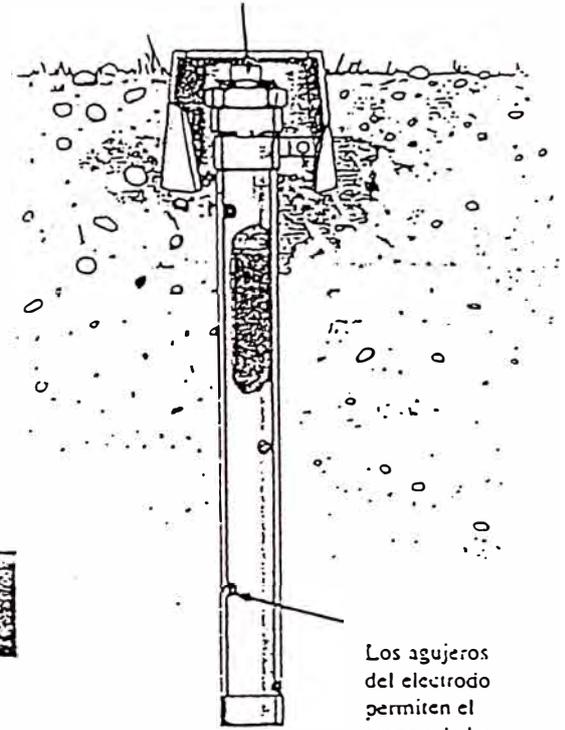
Es un Sistema en el cual Usted puede confiar.

Los *Chem-Rod*[®]s, fueron diseñados para ser más efectivos aún en roca, frío congelante, resecos desiertos o los bosques de lluvias tropicales. Los *Chem-Rod*[®]s, proveen protección estable por muchos años.

Para asegurar una confiabilidad a largo plazo hemos desarrollado opciones especiales de monitoreo y diseños especiales.

Su inspección es simple. Solo se desatornilla la tapa y se inspecciona el nivel del químico en el interior del tubo. Si las sales conductivas están en muy bajo nivel, usted sencillamente recarga el tubo con un equipo de relleno nada costoso. El intervalo entre recargas es una función de la mezcla química y el contenido de humedad del terreno. El sistema es prácticamente libre de mantenimiento.

El *Chem-Rod*[®] se puede inspeccionar y recargar fácilmente por la tapa encima del electrodo.



Los agujeros del electrodo permiten el escape de las sales químicas, que condiciona el suelo por la longitud de la barra. Esto mejora la conductividad del suelo.

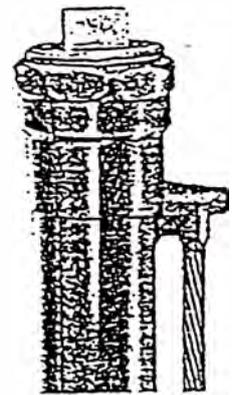
Configuraciones para todo tipo de condiciones y necesidades.

Los *Chem-Rod*[®]s están disponibles en las configuraciones verticales y horizontales. Las barras verticales son usualmente instaladas con una barrena. Donde el suelo es muy rocoso o las condiciones para excavar son muy difíciles, las barras horizontales son las que se utilizan y se instalan en trincheras poco profundas. La longitud de las barras varía entre 8 y 10 pies. Los *Chem-Rod*[®]s, están equipados con varias clases de conexiones mecánicas y soldable. Otros accesorios y opciones de diseño están disponibles a solicitud del usuario.

Para acomodarse a la más amplia variedad de suelos, los *Chem-Rod*[®]s están disponibles en cobre, acero inoxidable o hierro fundido vaciado (galvanizado); lo mismo que cargas químicas para todo tipo de climas y condiciones de terreno.

Los *Chem-Rod*[®]s pueden ser instalados casi en cualquier parte, bajo lozas o pavimento, en interiores o exteriores.

Las Tapas del Pozo se suministran para inspección y recarga.



Las Previsiones para las conexiones incluyen:

1. Cable de cobre de 4/0 AUG (la norma)
3. Otras a solicitud del cliente

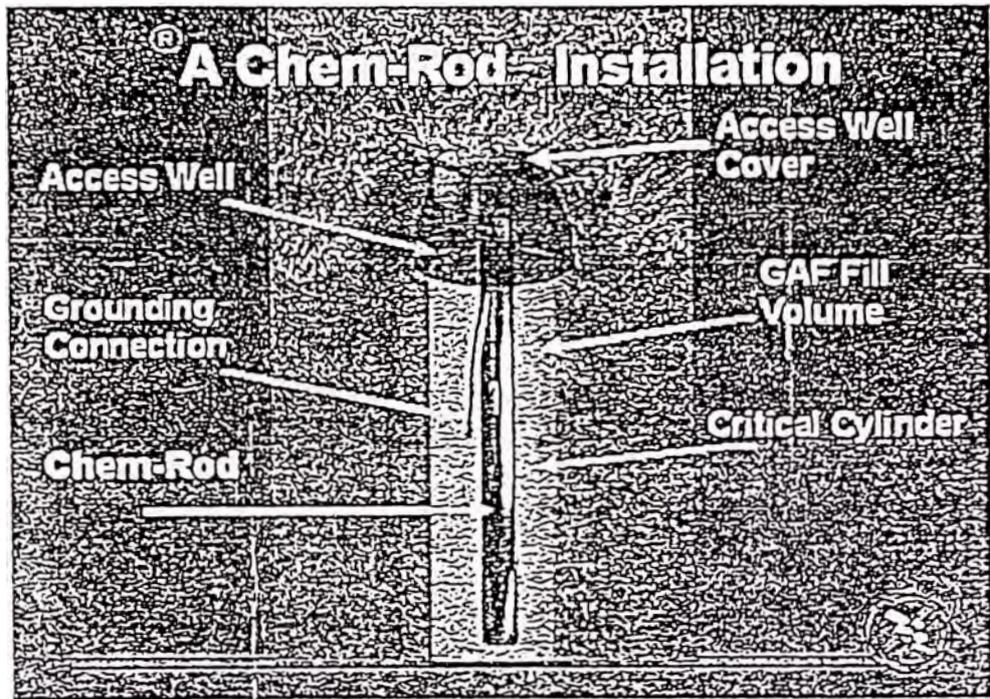


Figure 1. Chemically Charged Ground Rod

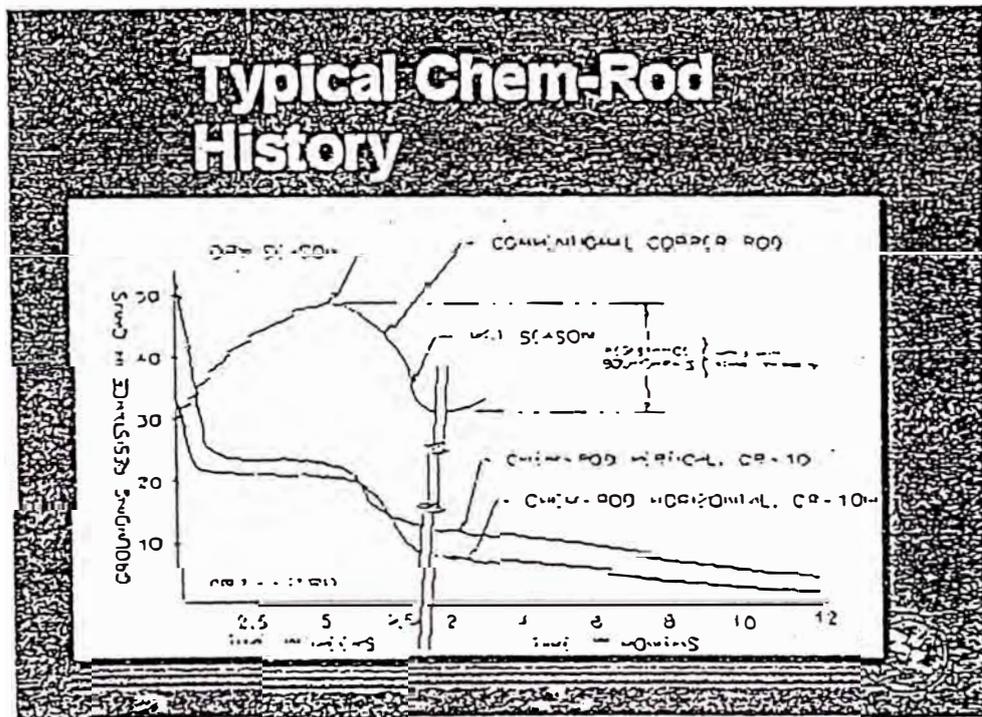


Figure 2. Resistance of the CCGR

Table 1. Comparison of Grounding Resistance

Grounding Electrode	Soil Resistivity (Ohm-meters)				
	9	62	270	3.7k	30k
Copper-Clad Rod (Ohms)	7.7	22	65	430	10k
Rod with backfill, 1st Year (Ohms)	2.3	18	44	350	1.5k
Rod with backfill, 2nd Year (Ohms)	5	30	80	400	3k
CCGR XIT (Ohms)	0.5	9	22	240	2k
CCGR Chem-Rod (Ohms)	0.2	2	10	90	1k

Table 2. Cost Comparison of Ground Rods & CCGRs

Electrodes	Resistance (Ohms)	No Required		Area Req'd (sq. ft.)		Inst'd Cost*, US\$		With Land Cost**	
		1 Ohm	5 Ohm	1 Ohm	5 Ohms	1 Ohm	5 Ohms	1 Ohm	5 Ohms
A	161	523	83	198,809	38,179	38,179	6,059	236,988	37,610
B	88	265	41	100,735	15,585	86,125	13,325	186,860	28,910
C	32	83	12	31,551	4,562	35,524	5,136	67,075	9,698
D	22	53	8	20,147	3,041	29,521	4,456	49,668	7,497

CHEM-ROD®/GAF REQUIREMENT TABLE

Chem-Rod®	Bags of GAF Included	Volume of CR (Cu. Ft)	Volume of 6" Dia Hole (Cu. Ft)*	** Add'l Bags of GAF Req'd	Volume of 12" Dia Hole (Cu. Ft)*	** Add'l Bags of GAF Req'd	Volume of 24" Dia Hole (Cu. Ft)*	** Add'l Bags of GAF Req'd	Volume of 48" Dia Hole (Cu. Ft)*	** Add'l Bags of GAF Req'd
CR-4	2	0.15	0.98	0	3.93	0	15.71	9	62.83	40
CR-6	2	0.23	1.37	0	5.50	2	21.99	13	87.96	57
CR-8	2	0.30	1.77	0	7.07	3	28.27	17	113.10	74
CR-10	3	0.38	2.16	0	8.64	3	34.56	20	138.23	89
CR-20	6	0.75	4.12	0	16.49	5	65.97	38	263.89	170

* Assuming hole is 12 inches deeper than length of Chem-Rod®.

** Assuming backfill is 100% GAF. One bag of GAF weighs 50 pounds and has a volume of 1.5 cubic feet.



MANUAL DE INSTALACIÓN CHEM-ROD[®]

(RESUMEN)

1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- 1.1. Barra Chem-Rod[®].
- 1.2. Registro de Inspección de la barra Chem-Rod[®] modelo CR-W.
- 1.3. Geo-Acondicionador-Formulado (GAF[®]).
- 1.4. Barreno, taladro o equipo que pueda abrir huecos en la tierra de dimensiones mayores a la barra Chem-Rod[®].
- 1.5. Agua.
- 1.6. Herramientas varias.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

- 2.1. Con un Barreno, taladro o a mano abrir un hueco de tamaño mayor de la barra Chem-Rod[®], tanto en largo como en diámetro, según las dimensiones de la tabla del anexo 2.
- 2.2. Remover todas las bandas adhesivas de la Chem-Rod[®]. Asegurarse que los agujeros estén libres y pueda drenarse el relleno o contenido de la barra.
- 2.3. Introducir la Chem-Rod[®] en el centro del hueco, verter un poco de GAF[®] a fin de ajustar el nivel de la Chem-Rod[®] de 8 a 12 <cm> por debajo del nivel de la superficie del suelo.
- 2.4. Rellenar el hueco con la mezcla de GAF[®] manteniendo la Chem-Rod[®] centrada, dejando libre la sección de la conexión exotérmica y el conductor #4/0 AWG. El relleno de GAF[®] o su mezcla deberá colocarse en el hueco en capas. Para cada capa verter un poco de agua para garantizar la compactación y adherencia del GAF[®] con el electrodo. Es importante que el instalador haya mojado el acondicionador GAF[®] durante su colocación. Para mejores resultados rellenar el hueco alrededor de la Chem-Rod[®] con 100% GAF[®]. Si el suelo es de baja resistividad, mezclar el GAF[®] con el suelo local en la proporción de 50/50.
- 2.5. Unir la Chem-Rod[®] a la malla o colector de Puesta a Tierra de la zona, mediante soldadura exotérmica y empleando el molde adecuado. A tal fin la Chem-Rod[®] posee un conductor de acoplamiento desnudo trenzado #4/0 AWG de 60<cm> de longitud.
- 2.6. Destapar la tapa superior roscada y verter aproximadamente ½ litro de agua para iniciar el drenaje de sales al terreno.
- 2.7. Instalar el Registro de Inspección (CR-W), y rellenar el área al nivel deseado. La parte superior de este registro debe quedar libre para ser destornillado y permitir la inspección de la barra Chem-Rod[®]. En algunos casos conviene hacer alrededor del registro de inspección un pequeño vaciado de concreto en forma de cuadro. Para casos donde exista la posibilidad de paso de vehículos pesados, deberá reemplazarse el registro de inspección por una tanquilla con tapa metálica, diseñada para tal fin.

3. CALIFICACIÓN DEL PERSONAL

- 3.1. Debe de haber al menos un Supervisor con conocimientos de electricidad y de soldadura del tipo exotérmica (CADWELD o similar).
- 3.2. Obreros.

4. PRECAUCIONES

4.1. ASPECTO LEGAL

- La barra Chem-Rod[®] es un producto patentado por LEC, Inc. y certificado por UL[®] por lo tanto el instalador deberá cerciorarse de que cada barra instalada posea certificación de origen y número de serial.

4.2. PRECAUCIONES EN EL MANEJO DEL GAF[®]

- El personal deberá utilizar durante el proceso de instalación lentes de seguridad y mascarilla antipolvo.
- Si hubiese algún contacto accidental con los ojos, lavar con abundante agua por 15 minutos.
- Evitar su inhalación.
- Evitar caminar encima del GAF[®], puede ser resbaladizo al húmedecerse.
- El almacenaje debe ser en un sitio seco y a temperatura ambiente.

5. INSTRUCCIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA BARRA CHEM-ROD®

La Chem-Rod® se diseña para tener una vida útil de más de 20 años. Para poder proporcionar una vida extendida y asegurar una baja impedancia, es deseable un mantenimiento periódico de la Chem-Rod® durante la vida del sistema de tierra.

Las principales condiciones que influyen, a lo largo del tiempo, al mantenimiento son las siguientes:

1. El grado de humedad de la tierra.
2. El escurrimiento durante el periodo de lluvia.
3. El nivel freático.

5.1. INTERVALOS DE MANTENIMIENTO

Debido a que las condiciones anteriores varían de sitio en sitio, el mantenimiento requerido varía para cada caso en particular.

Las variaciones en intervalos de mantenimiento pueden ir de una vez cada 6 meses a cada 5 años.

Para asegurar que cada sitio individual se mantenga propiamente, la primera inspección debe hacerse después de los primeros 6 meses de la instalación y luego repetirla anualmente.

5.2. INSPECCIÓN Y RECARGA

Al inspeccionar la Chem-Rod®, tiene sentido recargarla aun cuando sólo se haya drenado una cantidad pequeña de minerales conductivos. El GAF® no requiere de recarga salvo en casos de derrumbamiento.

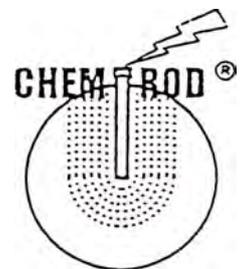
El Kit de Recarga para la Chem-Rod® debe ser solicitado con el serial CR-R12, contiene 10 lbs de sales, suficientes para recargar 9,4 -pies de longitud de Chem-Rod®.

El procedimiento para inspeccionar y recargar la barra Chem-Rod® es como sigue:

1. Como precaución de seguridad, deben usarse lentes de seguridad, guantes y una máscara anti-polvo.
2. Quite bien la tapa de acceso o Registro de Inspección retirando el tornillo en la tapa y girándola en sentido contrario a las agujas del reloj. Hale la tapa para exponer el tope de la Chem-Rod®.
3. Quite el tapón tipo-tornillo de la Chem-Rod® usando una llave inglesa u herramienta similar.
4. Use una linterna para mirar hacia dentro de la Chem-Rod® o con una varilla localice el nivel de los minerales conductivos.

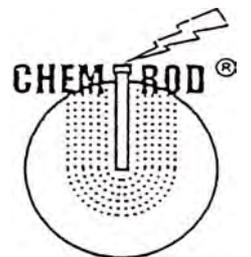
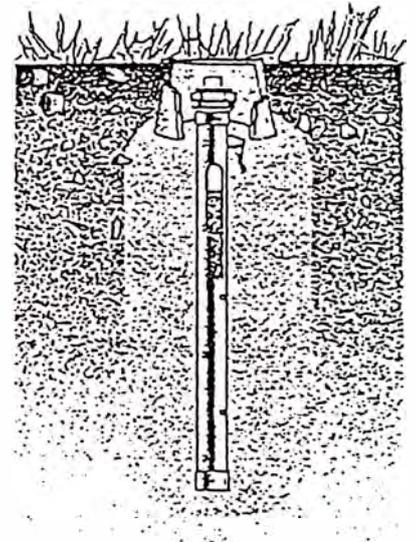
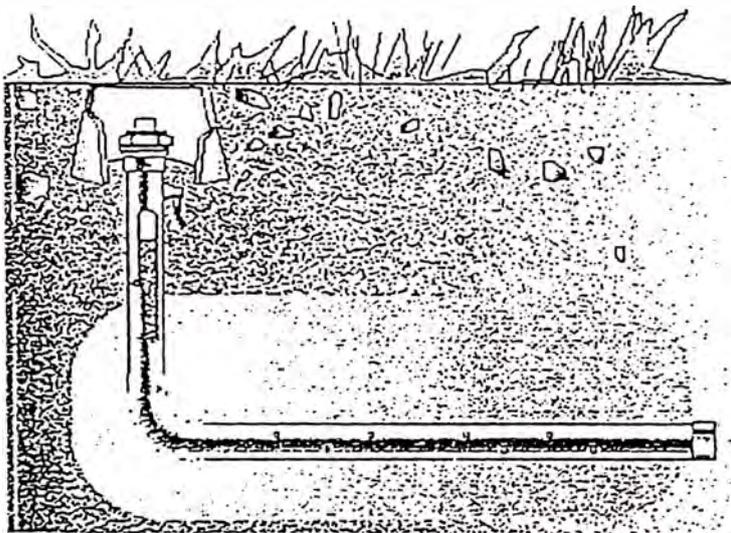
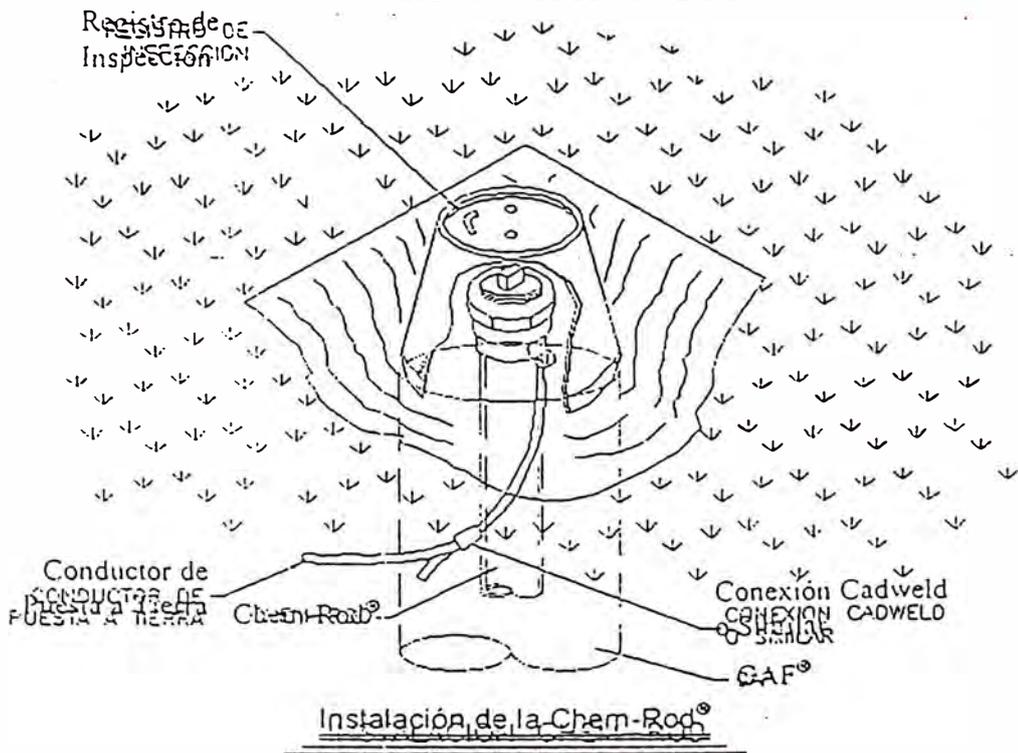
De vez en cuando los minerales formaran una corteza dentro de la Chem-Rod®, la cual debe romperse (con una varilla o similar) para conseguir una lectura exacta de la profundidad de los minerales. Si el nivel de los minerales es más bajo que un 20% de la longitud de la Chem-Rod®, entonces esta debe recargarse. Por ejemplo, en una barra de 10-pies el nivel de los minerales conductivos no debe estar más bajo de 2 pies. Sin embargo, es deseable recargarla en cada inspección.

5. Coloque lentamente la mezcla de la recarga dentro de la Chem-Rod® hasta que el nivel del material alcance 2 pulgadas por debajo del tope. Es recomendable colocar un poco del material de recarga alrededor de la Chem-Rod® (dentro del Registro de Inspección), esto ayuda a condicionar la capa de la cima de la tierra.
6. Reponga el tapón tipo-tornillo. LEC aconseja recubrir las áreas del contacto entre la barra y el tapón tipo-tornillo con un compuesto anti-bloqueante (grasa) para hacer el futuro levantamiento más fácil.
7. Reponga la tapa del Registro de Inspección hasta que se encuentre bien alojada, gire la tapa en el sentido de las agujas del reloj hasta donde sea posible. Coloque el tornillo y apriételo.



ANEXOS

ANEXO 1: DIBUJOS ILUSTRATIVOS DEL ACABADO DE INSTALACIÓN DE LA CHEM-ROD®



ANEXO 2: DIMENSIONES DE PERFORACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE LA CHEM-ROD®/GAF™

Chem-Rod®	Sacos de GAF® (Incluidos por cada Barra)	Profundidad del Huevo <mts>	Sacos de GAF® Requeridos para un Huevo de Ø 15<cm>	Sacos de GAF® Requeridos para un Huevo de Ø 30<cm>	Sacos de GAF® Requeridos para un Huevo de Ø 60<cm>
-----------	--	-----------------------------------	---	---	---

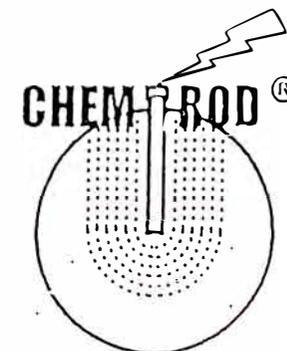
CR - 4	4	1,40	1	6	24
CR - 6	4	2,00	2	8	35
CR - 8	4	2,70	2	11	47
CR - 10	6	3,20	3	13	55
CR - 8H	4	0,70 + 2,00	2	11	47
CR - 10H	6	0,70 + 2,65	3	13	55

- Peso del GAF®: 25 <lbs> por cada saco.

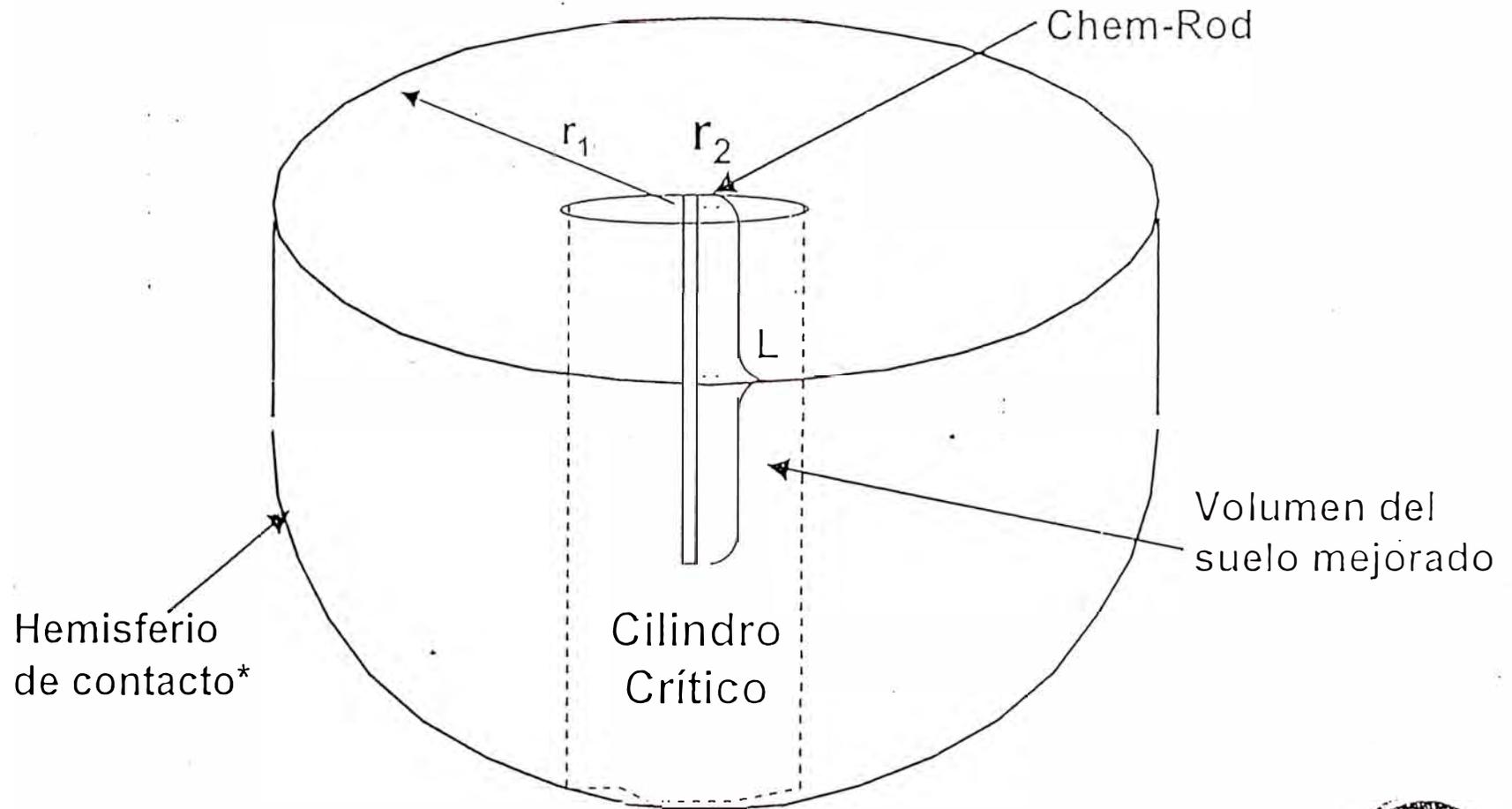


*Lightning Eliminators
& Consultants de Venezuela, C.A.*

Parque Ind, Terrazas de Castillito, Galpón No.12
Intercomunal San Diego – Valencia, Edo. Carabobo
TL. 041-71.75.57 / 71.70.12 ; FX. 71.04.49
lecven@mipunto.com
www.lightningeliminators.com



Mejora del suelo mediante el uso de GAF



* Volumen de terreno necesario para lograr un 95% de contacto.

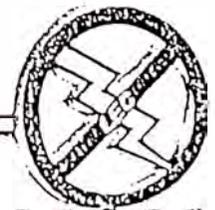


TABLE 1

SOIL RESISTIVITIES
(Approximate Ohm-Meters)

Description	Median	Minimum	Maximum
Topsoil, loam	26	1	50
Inorganic clays of high plasticity	33	10	55
Fills – ashes, cinders, brine wastes	38	6	70
Gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays	43	25	60
Slates, shales	55	10	100
Silty or clayey fine sands with slight plasticity	55	30	80
Clayey sands, poorly graded sand-clay mixtures	125	50	200
Fine sandy or silty clays, silty clays, lean clays	190	80	300
Decomposed gneisses	275	50	500
Silty sands, poorly graded sand-silt mixtures	300	100	500
Clayey gravel, poorly graded gravel, sand-clay mixture	300	200	400
Well graded gravel, gravel-sand mixtures	800	600	1,000
Granites, basalts, etc.	1,000	---	---
Sandstone	1,010	20	2,000
Poorly graded gravel, gravel-sand mixtures	1,750	1,000	2,500
Gravel, sand, stones, little clay or loam	2,585	590	4,580
Surface limestone	5,050	100	10,000

Notes: 1. Low-resistivity soils are highly influenced by the presence of moisture.

2. Low-resistivity soils are more corrosive than high-resistivity soils.

TABLE 2

GROUNDING RESISTANCE OF VARIOUS ELECTRODES

GROUNDING ELECTRODE	MEASURED SOIL RESISTIVITY (OHM-METER)	MEASURED ELECTRODE RESISTANCE (OHMS)	VARIATION OVER A YEAR
Copper-Clad Rod (3/4"x10')	9	72	
	62	22	
	270	65	
	3.7K	430	
	30K	10K	2.5
Rod in Manually Salted Soil - First Year	9	2.3	
	62	18	
	270	44	
	3.7K	350	
	30K	1.5K	2.0
Rod in Manually Salted Soil - Third Year	9	5.0	
	62	30	
	270	80	
	3.7K	400	
	30K	3K	2.0
Air-Breathing Rod	9	0.5	
	62	9	
	270	22	
	3.7K	240	
	30K	2K	2.0
Chem-Rod [®]	9	0.2	
	62	2	
	270	10	
	3.7K	90	
	30K	1K	0.4

TABLE 3

SOIL ENHANCEMENT OPTIONS

1. Conductive Concrete
30 to 90 ohm-meters
Subject to ice and corrosive effects
2. Bentonite
2.5 ohm-meters
Highly variable with respect to moisture (300%)
3. Carbon-Based Backfill Materials
0.1 to 0.5 ohm-meters
Water-retention capability inferior to clays
4. Clay-Based Backfill Materials (GAF)
0.2 to 0.8 ohm-meters depending on moisture content
High water-retention capability

HIDROSOLTA®

INNOVACION EN SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

15 AÑOS DE EXPERIENCIA EN DESARROLLO Y APLICACIÓN DE HIDROSOLTA®

EL ÚNICO SERVICIO INTEGRAL EN SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA, GARANTIZADO **

UNICA EN SU GENERO PARA EL DOMINIO DE ENERGIAS TRANSITORIAS. (Patente mundial No. 96066 434 publicación No. 328)

PREMIO NACIONAL DE INGENIERIA - ACIEM 1993

HIDROCOL & CIA LTDA.
Cll. 47 No. 29 - 33 Of. 800
Tel: (57) (7) - 6475553 - 6571827 FAX 6575091
Bucaramanga - Colombia

Cra. 62 No. 17A - 20
Tel: (57) (4) - 2618783 - 4176029
Bogotá - Colombia

HIDROSOLTA®, EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN EL CUAL USTED PUEDE CONFIAR

La técnica de dominio por almacenamiento de energía, fue diseñada para ser efectiva independientemente del suelo natural, ya que este solo sirve de referencia para el condensador. Debido a la base de la HIDROSOLTA® y a su característica compensadora, se puede asegurar una confiabilidad a largo plazo, libre de mantenimiento, pues evita la corrosión del cobre y retiene la humedad evitando la imitación de sus componentes en el suelo natural.

APOYO TÉCNICO

HIDROCOL Y CIA LTDA. ofrece un servicio integral de diseño, construcción e instalación de sistemas de puesta a tierra. Este servicio incluye: estudio de terreno, diseño de sistema, construcción e instalación de sistema, mantenimiento y reparación de sistema. El sistema de puesta a tierra HIDROSOLTA® es el único que garantiza una vida útil de 10 años o más, sin necesidad de mantenimiento, pues evita la corrosión del cobre y retiene la humedad evitando la imitación de sus componentes en el suelo natural.

** Bajo condiciones de diseño, asesoría y construcción, se ofrece póliza de seguros



PRODUCTO DE EXPORTACION HECHO EN COLOMBIA

El Sistema de puesta a tierra en el cual usted puede confiar

DOMINIO POR ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA:

Es una técnica novedosa cuyo objetivo fundamental es almacenar la energía en desbalance incorporando un circuito RC.

QUE ES HIDROSOLTA® ?

Básicamente, la Hidrosolta® es una mezcla de óxidos de metales tensoactivados con las siguientes características:

- Resistividad: 30 ohmios - cm
- Calor específico: 100 W Sg/gr (70°C)
- Capacidad específica - permitividad relativa: 100.000.000
- Peso específico: 1.3 grs/cm³
- PH hidratada con 35% de agua: 9.9 (alta basicidad, por lo cual no hay corrosión) - (ácido ≤ 7).

Podemos fabricar un condensador coaxial enterrado en el suelo (pozo), el cual se encargará de almacenar esta energía que causa problemas con los equipos eléctricos y de estado sólido.

COMPARA ENTRE EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA CON POZO DE HIDROSOLTA Y EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA TRADICIONAL

MALLA TRADICIONAL

OBJETIVO:

- Control de sobretensiones.
- Conversión de energía en calor por medio del suelo natural.
- Disminución del valor de resistencia estacionaria utilizando el concepto de interconexión de tierras, lo cual conlleva a la utilización de una gran cantidad de cobre enterrado siendo imposible en algunos terrenos de alta resistividad comunes en nuestro medio. También hace partícipe a equipos de estado sólido de las sobretensiones de la red.
- Dar referencia al sistema eléctrico

OPERACIÓN

Tensiones de paso y toque:

Se presentan este tipo de tensiones debido al cambio de velocidad de la energía al pasar de las varillas al suelo natural. Por esta razón los equipos de estado sólido instalados en una subestación de media y alta tensión deben soportar sobretensiones presentes a menudo.

FENÓMENOS

La calidad de un sistema de puesta a tierra se evalúa con un valor de resistencia estacionario aplicado a fenómenos transitorios. La impedancia transitoria al inicio del evento tiende a infinito, su valor de evaluación solo se ve a 1 milisegundo, el cual se sostiene, únicamente unos microsegundos debido al incremento de temperatura

Se presentan tres grandes choques:

Choque eléctrico (lazos inductivos) $L \cdot \frac{di}{dt}$

Choque mecánico $K_v \cdot \frac{dv}{dt}$ cambio abrupto de velocidad

Choque térmico $K_t \cdot \frac{dT}{dt}$ cambio abrupto de temperatura

El suelo natural se somete a altas densidades de corriente. Al tiempo de inicio del evento la corriente es cero y se retrasa con respecto a la tensión que es máxima, razón por la cual la operación de las protecciones se retarda en perjuicio de los humanos y equipos.

Mejorar la resistividad del suelo con geles no es posible. La actividad del geles incrementar la superficie de contacto del suelo con la puesta a tierra. Los equipos de medición de resistencia de SPAT muestran valores reales si y solo si el centro geométrico y el centro eléctrico son el mismo, lo cual exige la aplicación del gel en forma homogénea y no concentrado en la superficie del suelo por tanto el valor R leído es falso y se viola el NEC25081d.

MALLA CON HIDROSOLTA®

OBJETIVO:

- Almacenar la energía de las descargas atmosféricas (97% almacenada y 3% convertida en calor)
- Cambio en el factor de potencia en condiciones de falla a tierra del SPAT (hasta F.P.=0.2 capacitivo), evitando alta energía activa que caliente el suelo natural.
- Se establece el criterio de selectividad de tierras (pararrayos, equipos de estado sólido y sistemas de potencia) debido a la independencia creada por la técnica de almacenamiento de energía
- Dar balance a las corrientes en desequilibrio lo cual ofrece una magnanimidad en la referencia del sistema eléctrico.

OPERACIÓN

Tensiones de paso/ toque:

Se mantiene la mínima tensión de paso/ toque por lo tanto la protección humana, de estado sólido y de equipos eléctricos es óptima.

FENÓMENOS

En eventos de la operación de interruptores y operación de pararrayos el suelo natural sólo participa como referencia del circuito RC (pozo), ya que la energía transitoria es almacenada por impedancia transitoria sin presentarse efectos estacionarios.

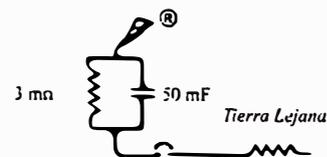
En falla a tierra la corriente capacitiva al tiempo del inicio del evento es máxima y adelantada con respecto a la tensión, lo cual acelera la operación de las protecciones y va disminuyendo en sintonía con la corriente de entrada.

El $L \cdot \frac{di}{dt}$ es compensado por el $C \cdot \frac{dv}{dt}$

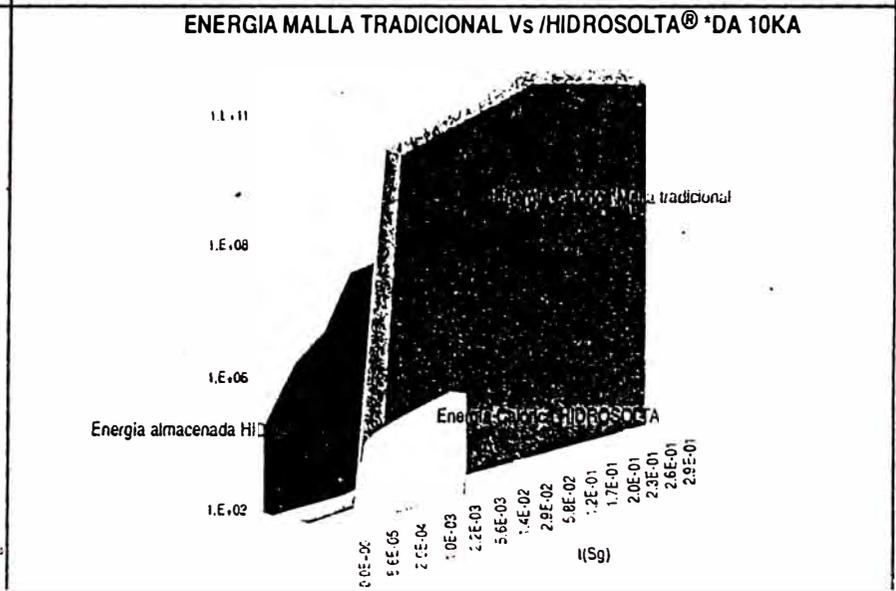
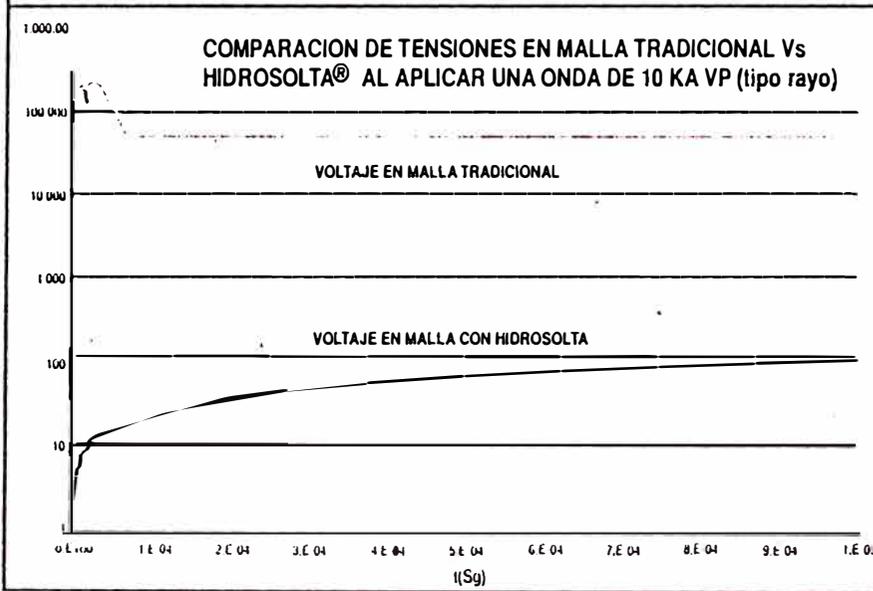
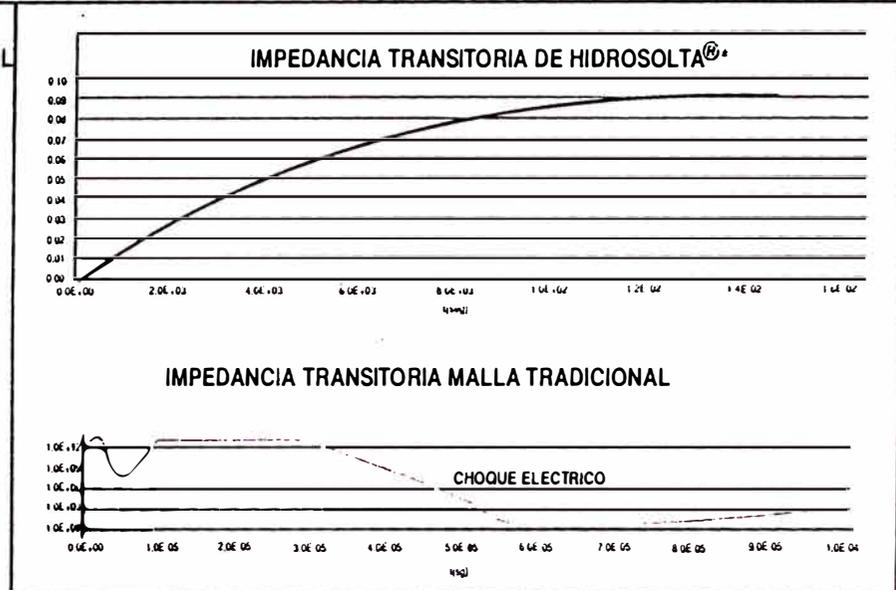
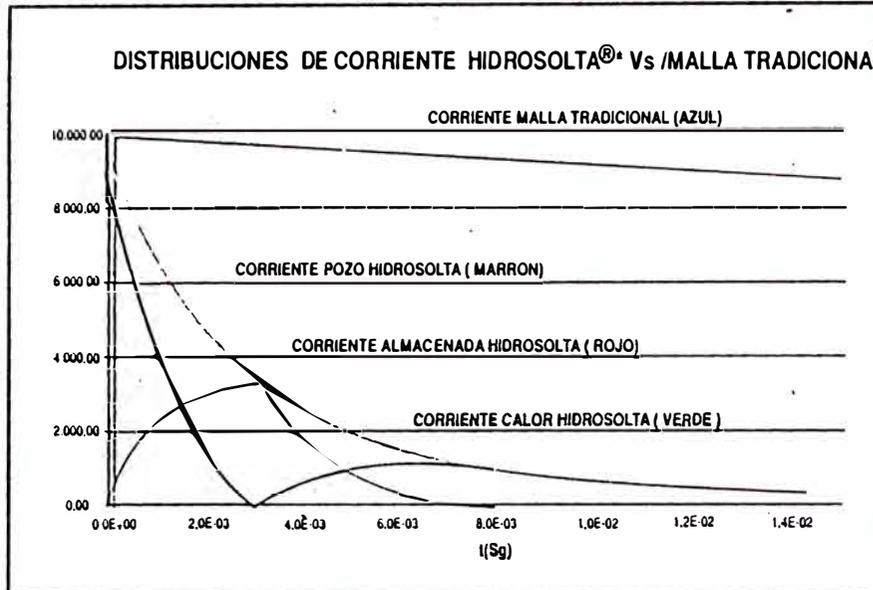
Al almacenar la energía a extra-alta velocidad no se presenta ni choque mecánico ni choque térmico y la tensión de paso/toque es transitoria. En el pozo con HIDROSOLTA® el centro geométrico y el centro eléctrico son el mismo.

El cambio de enterramiento de varillas por enterramiento de circuitos RC conlleva la vinculación de la impedancia razón por la cual la medida de resistencia es medida de impedancia cuyo valor es sustancialmente cambiado, en tal forma que a $t=0$, $i=I_m$ y $v=0$

El valor de resistencia a tierra lejana es solamente un apoyo al almacenamiento energía



**COMPARACION DE COMPORTAMIENTOS ANTE DESCARGAS ATMOSFERICAS DE 10 KA.
(MALLA TRACIONAL R=5 Ω VS. POZO DE HIDROSOLTA®)**



Radius of protection of the IONIFLASH air terminal

The radius of protection of an E.S.E. air terminal depends on its height (h) in relation to the surface to be protected, its early streamer emission time and the level of protection chosen.

$$R_p = \sqrt{h(2D - h)} + \Delta L(2D + \Delta L) \text{ for } h \geq 5 \text{ m}$$

For $h < 5 \text{ m}$, the graphic method is used with the abacuses 2.2.3.3. a, b and c of the NF C 17-102 standard.

R_p : protection radius

h : height of the point of the E.S.E. air terminal in relation to the horizontal point passing through the top of the element to be protected .

D : 20 m for protection level I
 45 m for protection level II
 60 m for protection level III

$$\Delta L : \Delta L_{(m)} = V_{(n\mu s)} \Delta T_{(\mu s)}$$

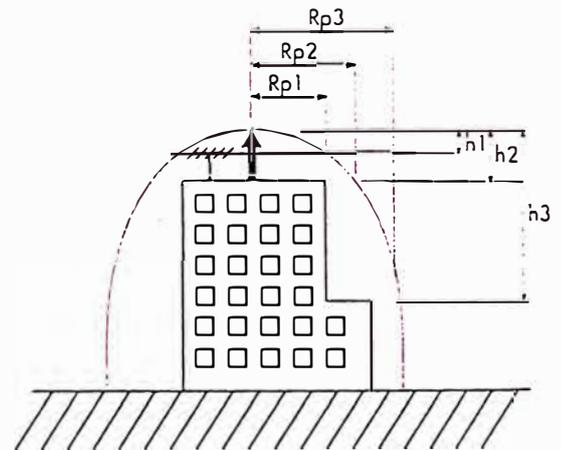
ΔT : early streamer emission time from the evaluation tests of the E.S.E. air terminal.

Protected area

The protected area is delimited by the revolution enclosure of the same axis as the E.S.E. air terminal and defined by the protection radius corresponding to the different heights h considered (see diagram below)

Radius of protection in m.			
h (m)	Level 1*	Level 2*	Level 3*
2	43	51	58
3	62	75	84
4	83	99	110
5	104	124	135
6	104	125	135
8	104	125	136
10	104	126	137
20	104	130	142
40	104	130	144

* The protection level is determined up to NF C 17-102 standard (enclosure B)



RADIUS OF PROTECTION

h_n : height of the point of the E.S.E. air terminal in relation to the horizontal plane passing through the top of the element to be protected .

R_{pn} : radius of protection of the E.S.E. air terminal for the height under consideration.

France Paratonnerres propose for you :

- IONIFLASH technical documentation and general catalogue for protection against lightning in French, English or Spanish.
- A research and Advice Department.
- Installation and Inspection of equipment.
- World-wide distribution.



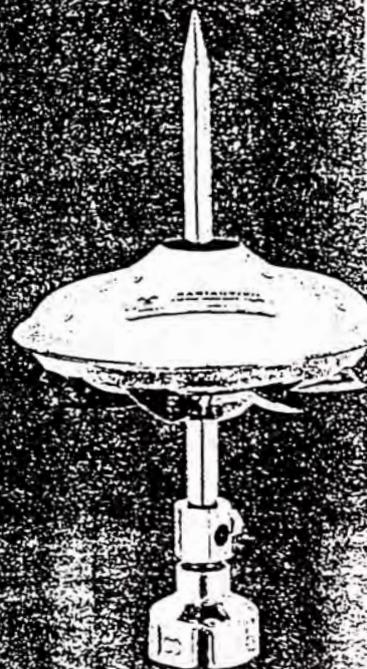
Usine et bureaux :

32 Les Coussières - 23000 GUERET
 Tél : 33 (0)5 55 52 39 33 - Fax : 33 (0)5 55 81 99 82
<http://www.france-paratonnerres.tm.fr>
 e-mail : rx@france-paratonnerres.tm.fr

Your France Paratonnerres technical advisor

CATALOGOS DE PARARRAYOS

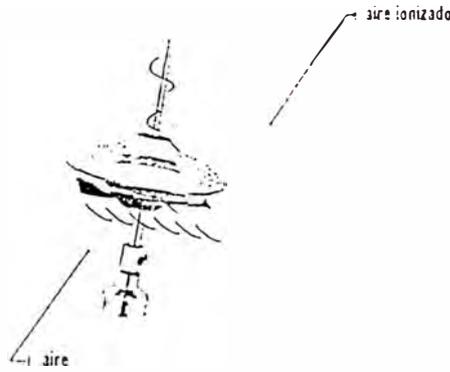
THOR | pararrayos aerodinámico ionizante



PARARRAYOS S.A. S.
PROTECCIÓN DE EDIFICIOS INDUSTRIALES

fenomenología del rayo

Para comprender el funcionamiento de un pararrayos, es necesario conocer el proceso de formación del rayo. Este se inicia en la nube tormentosa (cúmulo nimbos) por el incremento del gradiente de potencial que da lugar al inicio de un trazador descendente que progresa a impulsos hacia el suelo. El campo eléctrico entre la atmósfera y el suelo está formado por cargas opuestas y simétricas que generan la presencia del efecto corona en las cimas de todas las estructuras, asimismo desde el suelo la ionización natural origina el trazador ascendente que al encontrarse con el descendente formarán el rayo. Este al impactar con las personas, edificaciones y otros causan muertes y numerosos daños materiales.

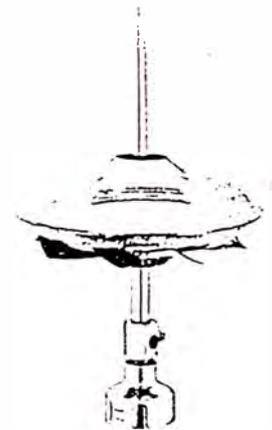


principio de funcionamiento

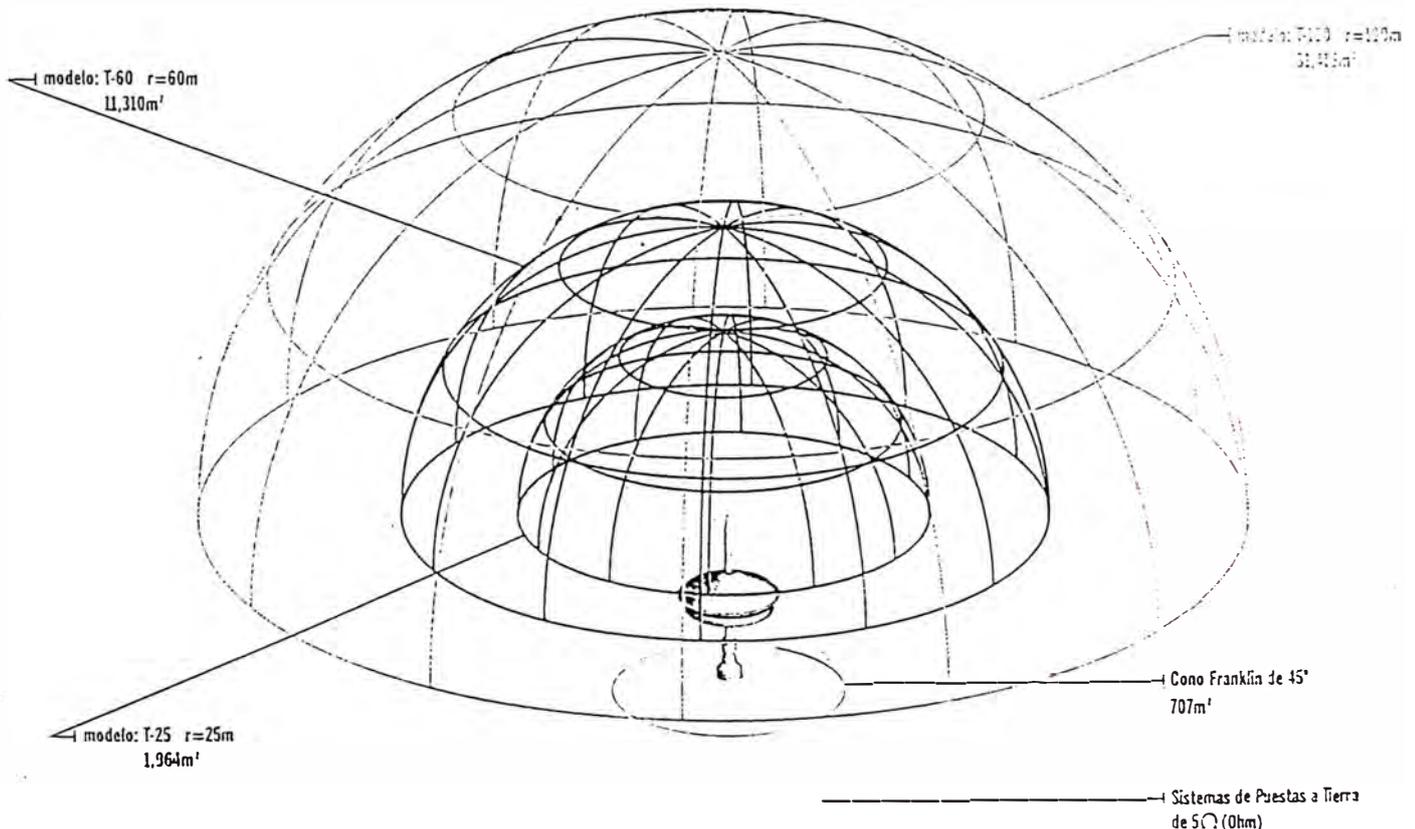
Al ingresar el aire en la cámara de ionización, es impactado por las partículas alfa que emite el Am 241 y provoca la ionización de sus moléculas de forma constante, luego por el efecto turbina se forma un campo semiesférico ionizado altamente conductivo de hasta 100 m de radio. Esto facilita el desarrollo del trazador ascendente que conectará con el descendente, completando el canal de descarga, cuando el campo eléctrico de la atmósfera alcanza un potencial de 0.1 kV/m.

características físicas

- Cuerpo elíptico de acero inoxidable quirúrgico 304
- Asta central de cobre electrolítico cromado
- Fuente sólida sellada de Americio 241 en una base de plata con oro y aleación platino/pala
- Peso neto 1.8 kg
- Peso bruto 2.0 kg
- Dimensiones: Altura: 0.35 m
Diámetro: 0.25 m

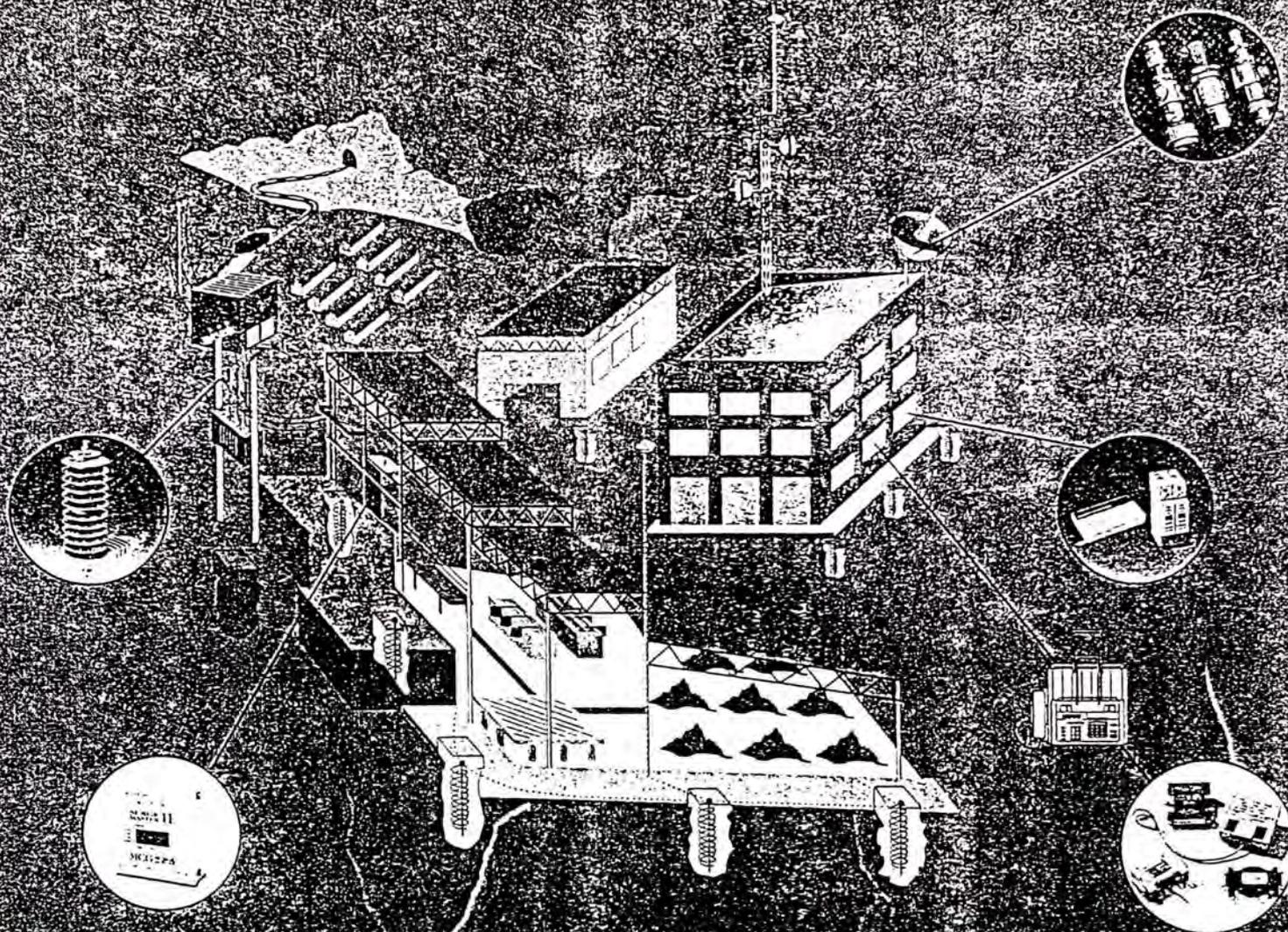


coberturas efectivas de protección de los sistemas: ionizante vs. convencional



SLIGAS

sistema de protección integral



soporte técnico

- Asesoría profesional
- Servicio técnico permanente
- Autorizado y controlado por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN)

ventajas

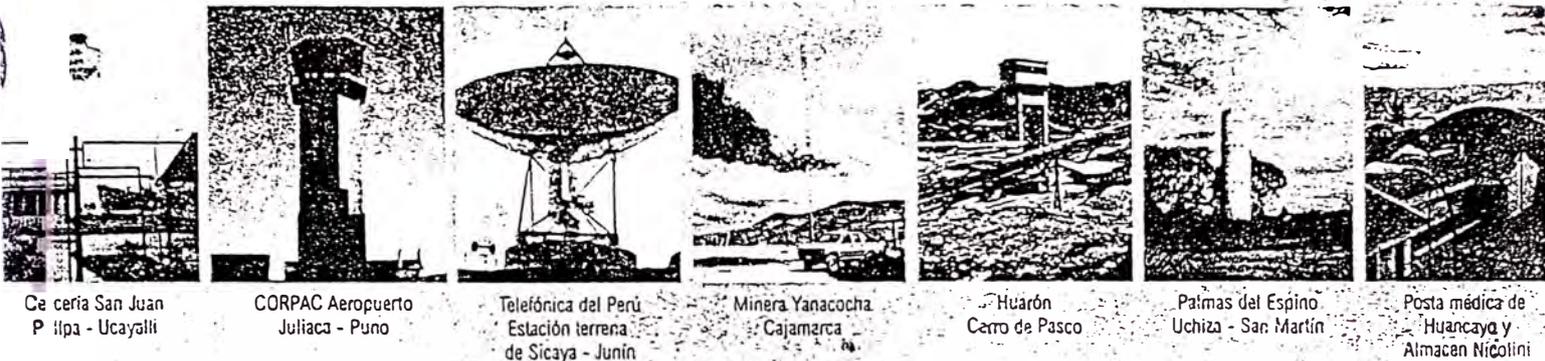
- Mayor área de protección con mayor seguridad y efectividad
- Menor costo por metro cuadrado
- Reduce el nivel de inducción electromagnética

resguardando

vidas &

patrimonios

desde 1975



PARA - RAYOS S.A.C.
PROTECCIONES ELÉCTRICAS INTEGRALES

Licencia de Instalaciones
(I.P.E.N.) No. 1206.A8
Patente Indecopi 01102
Registro de Marca 023367 DM-DiPI
RUC 10174473

Dirección
Prolongación Lucanas 187
Lima 13 - Perú

Central telefónica (511) 474.8422
Fax (511) 474.8848
Servicio al cliente 0800 - 16200
E-mail: parayos@amauta.rcp.net.pe

R e p r e s e n t a n t e A u t o r i z a d o

DISSIPATION ARRAY[®] SYSTEM

*PREVENTS LIGHTNING STRIKES
ELIMINATES SECONDARY EFFECTS
ELIMINATES BOUND CHARGE*



Lightning Protection System, Inc., 2100 East 10th Street, Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

What is the Hazard?

Each year, lightning causes millions of dollars of damage to protected and unprotected facilities. The destructive power of lightning is so great that even structures with lightning rods

suffer extensive damage. Surge and Transient Eliminators can protect equipment inside a facility from the effects of lightning occurring outside the facility. However, strikes directly

to the facility must be dealt with differently by a method that totally protects the facility from strikes.

What is the solution?

LEC Dissipation Array™ Systems prevent lightning strikes to both the protected area and the Array itself. These systems prevent strikes by continually lowering the voltage differential between the ground and the charged cloud to well below the lightning potential.

This approach has many advantages:

- **Simple:** The design is straightforward, reliable, and effective.
- **Passive:** Consumes no power; it is activated by the energy of the storm itself.
- **Universal:** Dissipation Array™ Systems can be used to protect any kind of building, tower, power line, or large complex plant. Basic system concepts are specifically engineered for each individual facility.
- **Preventative:** Completely eliminates lightning strikes and all related energy from the protected area. Avoids problems inherent in lightning rod systems, which attract energy and attempt to conduct it to ground.
- **Guaranteed Effective:** The DAS™ is a strike prevention system. If a strike does penetrate the protected area, LEC will upgrade the system capability at no additional cost to the customer for one year from date of installation and/or recertification.

Understanding Lightning

Storm clouds (thunderheads) are electrically charged bodies suspended in the atmosphere. The air serves as an insulator, separating the electrical charge of the cloud from the ground or other clouds. During a storm, these charges continue to build and induce a similar charge of opposite polarity onto the earth. The charge induced onto the earth is concentrated at the surface just

under the cloud and is roughly the same size and shape as the cloud. A strong field is established between the cloud and ground.

If there are structures or trees between the earth and the storm cloud, they will likewise become charged. With a smaller air gap between these high points and the cloud, there is greater likelihood that they will attract a strike.

Exposure Hazard

The lightning strike hazard for a given facility depends on a number of factors, including the facility's location, size, and shape. One index of a location's exposure rate to lightning activity is its Keraunic Number: the higher the number, the greater the potential for lightning activity. In the United States, the Keraunic Number ranges between 1 and 100. In some tropical areas of the world, it can be as high as 260. An average area within the U.S.A. can receive between eight and eleven lightning strikes per year per square mile. In central Florida, the hazard increases to between 28 and 37 strikes per year per square mile for flat terrain.

The character of a structure - its height, shape, size and orientation - influences the hazard. Taller structures tend to collect strikes from storm clouds in adjacent areas and trigger additional strikes as well. In mountainous areas, even lower structures will trigger lightning.

The shape and size of a structure also influence lightning exposure: the larger the size, the greater the hazard. For example, longer power transmission lines attract more strikes. A 50-mile stretch of transmission line in central Florida could expect as many as 1,500 strikes per year.

Point Discharge: The Energy Dissipation Concept

A sharp point in a strong electrostatic field will leak off electrons by ionizing the adjacent air molecules, providing that the point's potential is raised 10,000 volts above that of its surroundings. This principle is demonstrated by what scientists call natural dissipation. The ionization produced by trees, grass, towers, fences, and other structures can dissipate up to 90% of the total energy generated by a storm, thereby preventing the formation of lightning.

LEC developed the Dissipation Array™ System (DAS™) on the premise that natural dissipation can be enhanced sufficiently to eliminate all lightning from the area of concern. The DAS™ employs the point-discharge principle by providing thousands of points which simultaneously produce ions over a large area, thus preventing the formation of a streamer which is the precursor of a lightning strike.

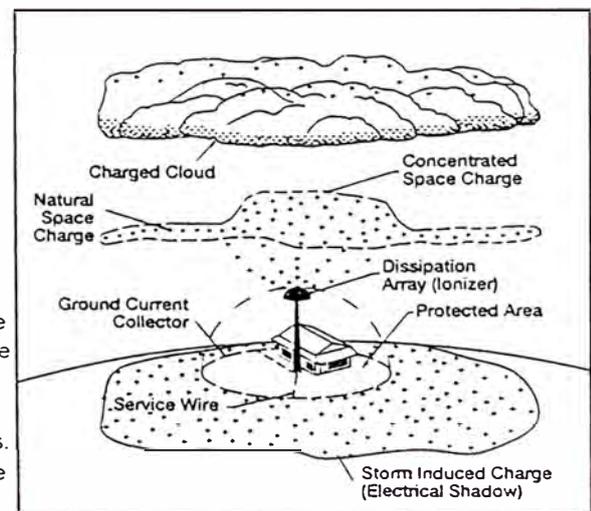
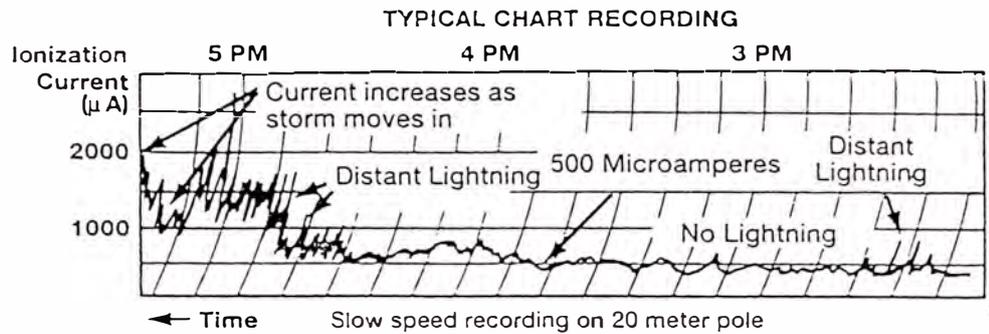


Figure 1: Dissipation Array™ System Concept.

Technical Description

Dissipation Array[®] Systems are based on the natural dissipation phenomenon, known to scientists for centuries as the point discharge principle and to the layman as "Saint Elmo's Fire."



System Components

The DAS[™] is composed of three subsystems: The Ionizer, the Ground Current Collector (GCC), and the Interconnecting Charge Conductors (ICC). Please refer to Figure 1.

The GCC collects the charge induced on the site of concern by the storm, then the ICC provides a low impedance path for that charge from earth to the Ionizer. The Ionizer is the primary subsystem building block that facilitates the discharge of the collected energy. Please refer to Figure 2.

The Ionizer design is based on an electrostatic principle known as "Point Discharge." Point Discharge is a phenomenon that causes air molecules to take on a charge from a sharp point, when that point is within an electrostatic field of a potential in excess of 10,000 volts. This ionization process creates a flow of current from the point(s) into the surrounding air. Under storm conditions, this ionization current increases exponentially with the storm's electrostatic field, which can reach levels as high as 30,000 volts per meter of elevation above earth during a mature storm.

The charge induced on the site by the storm is removed from the protected area and transferred to the air molecules. These charged molecules move away from the site and form a Space Charge between it and the storm cell, accelerated by the electric field.

The Space Charge shielding effect has been tested and proven by two independent atmospheric physicists and can be calculated using Poisson's Equation. Both the calculations and the tests show that the electrostatic field created by a storm can be reduced by over 20,000 volts per meter by a modest Space Charge, less than that created by the DAS[™].

Therefore, the site is isolated from the

direct strike because much of the storm-induced charge has been removed and transferred to air molecules, which subsequently form an intervening Space Charge that functions as a "Faraday Shield."

System History

In 1971 The Dissipation Array[™] System (DAS[™]) was introduced into the U.S. marketplace. Throughout the subsequent years, it has been the only lightning protection system proven to prevent lightning strikes to any DAS[™]-protected facility. It has been used to protect facilities as large as three square kilometers and structures as high as 1,700 feet.

There are well over 2,000 systems installed, most of which are in the highest lightning areas of the world. The system has accumulated over 12,000 system-years of history with a 99.7% reliability. If a strike occurs, a retrofit system is installed at no charge to the customer for one year from date of installation and/or recertification.

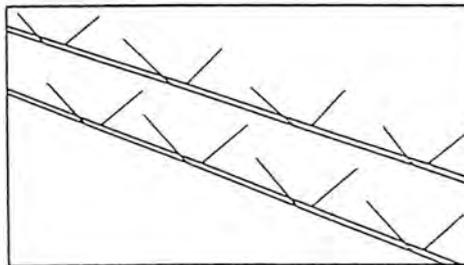


Figure 2: Dissipation Wire.

Configurations

Dissipation Array[®] Systems are specially designed for each application to account for differences in size, height, storm patterns, altitude, Keraunic Number, and site geometry.

No single DAS[™] design can fit all applications or even similar applications.

DAS[®] operational history has proven that such factors as geography, site geometry, and size of the site can influence the DAS[®] design requirements.

Applications

The Dissipation Array[™] System is the best long-term solution to any direct lightning strike problem. Thousands of Array Systems have been installed to date, in applications ranging from communications towers to tank farms, and from electrical power lines to public buildings.

While conventional protection and even the "Early Streamer Generators" increase the risk to electronics, flammables and explosives, the LEC-DAS[®] offers the only safe environment for these products.

The list of customers and type of facilities protected is extensive, and most are in the "Fortune 500" category.

They include:

- Federal Express - 3 sq. Km of Airport
- PPG Chemical - Complete Plant
- Union Camp - Paper Mill
- Exxon - LNG Plant
- Mobil Oil - Refinery
- Texaco - Tank Farms
- City of Jacksonville - All Buildings
- Mobil, Phillips, and many other oil companies
- Electric Utilities - Communications, Substations, T & D lines

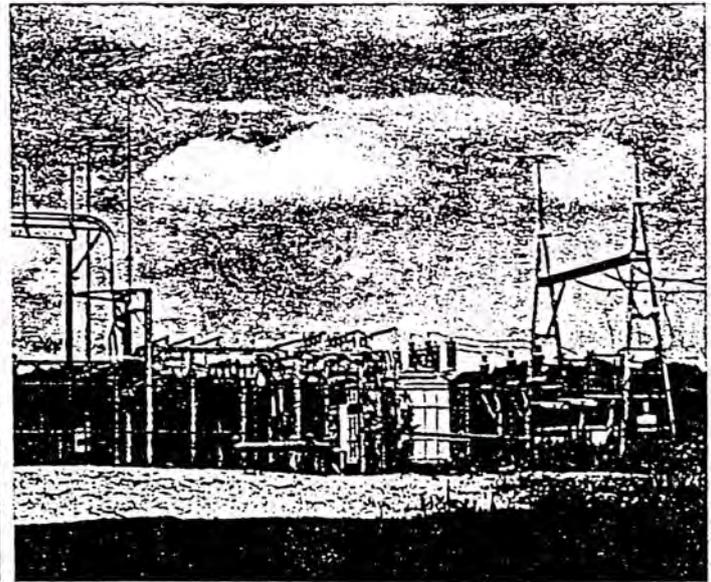
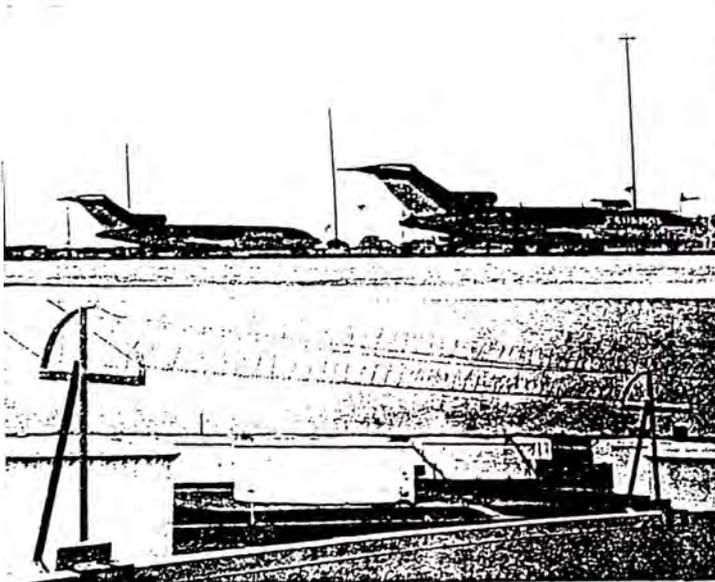
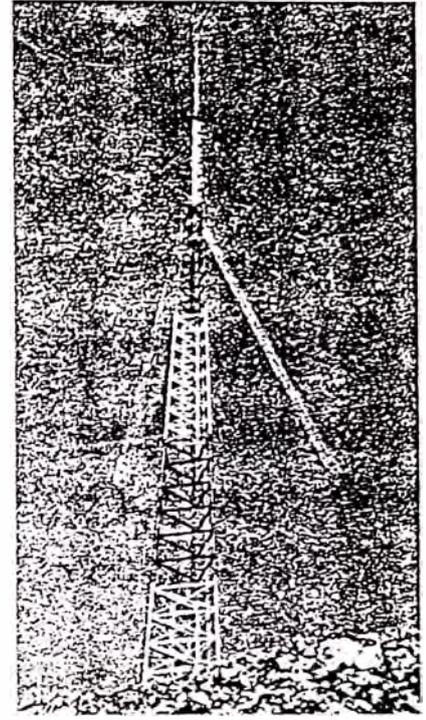
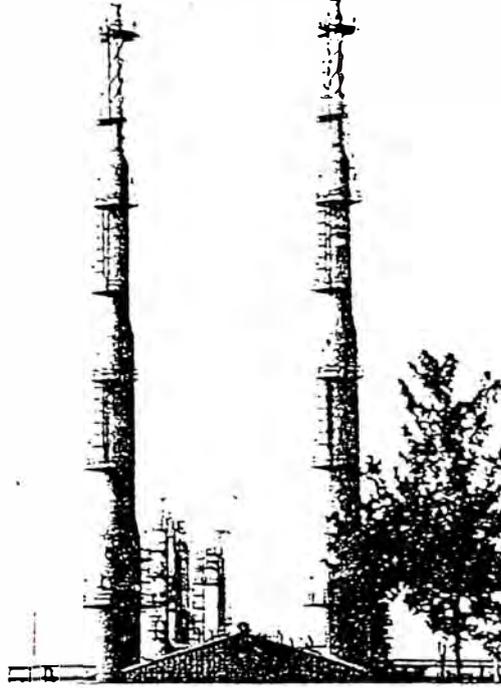
Proof of Performance

While there are laboratory tests that can measure the effectiveness of the Point Discharge capability of the Dissipation Array[®] System, none adequately duplicates the phenomenon of the DAS[®] operating during a dynamic storm.



Typical Installations Dissipation Array[®] System

SUDICA
(061) 987056/980481



**Lightning
Eliminators
& Consultants, Inc.**

"Engineering Solutions to Lightning, Grounding, and Surge Problems Worldwide Since 1971"

6687 ARAPAHOE ROAD
BOULDER, CO 80303-1453
PHONE: 303-447-2828 FAX: 303-447-8122
INTERNET: marketng@lightningeliminators.com
WEB PAGE: <http://www.lightningeliminators.com>

COPYRIGHT AUGUST 1991 LEC, INC., ALL RIGHTS RESERVED
PATENT NUMBER 5,643,527

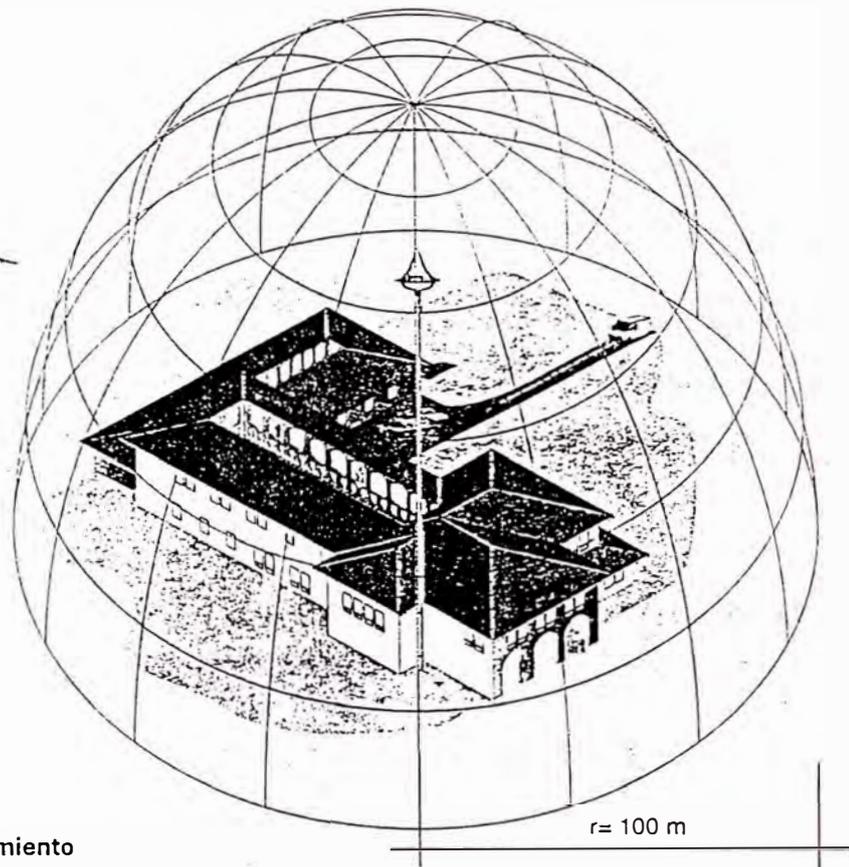
DAS
REV 7/9

pdg THOR | pararrajos con dispositivo de cebado



PDC THOR

(pararrayos con dispositivo de cebado)



> Principio de Funcionamiento

El PDC THOR es un pararrayos ionizante no radiactivo, que trabaja bajo el principio de cebado y ofrece un radio de protección de 100 m basados en el Estándar Francés NFC 17-102 y en la Norma Española UNE 121 186.

> Diseño

Esta conformado por un cuerpo cónico esferoide, dieléctricamente separado del asta central o punta del pararrayos, mediante un núcleo de alta impedancia; esto permite la formación del efecto corona, que es incrementado mediante el dispositivo de cebado HV (High Voltage) el mismo que es robusto e inmune a fallas.

> Características Físicas

Cuerpo, asta central y conector mixto en acero inoxidable calidad 316 preparado para soportar ambientes sumamente corrosivos y abrasivos.
Núcleo de alta impedancia fabricado en resina epóxica bisfenol para altas temperaturas silanizada anti humedad, con alta resistencia UV (rayos ultra violeta).
Dimensiones: Altura 42 cm, diámetro 30 cm, peso 2.9 kg
Tiempo de vida útil 50 años.

h = m	radio de protección
2	43
3	62
4	83
5	104
6	104

> Beneficios Diferenciales

El diseño único y patentado genera un doble efecto Venturi, incrementando el desplazamiento de iones hacia regiones más cercanas a la nube.

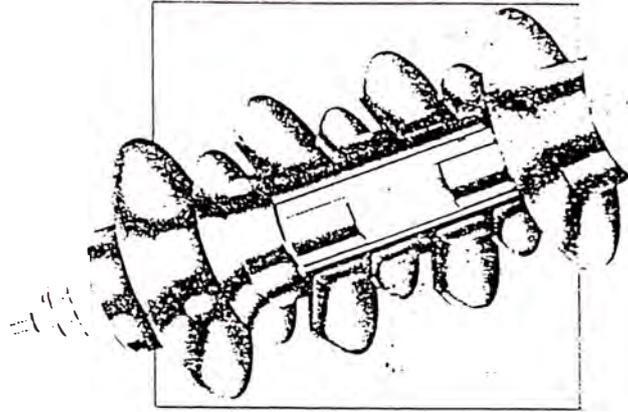
Nuestro dispositivo de cebado HV patentado, incrementa el potencial eléctrico controlando simultáneamente el lanzamiento del trazador ascendente para interceptar con seguridad el trazador descendente, conduciendo con eficiencia el rayo hacia tierra, sin ningún riesgo dentro del área protegida.



PARA - RAYOS S.A.C.
PROTECCIONES ELECTRICAS INTEGRALES

PDC THOR | pararrayos con dispositivo de cebado

Dirección: Av. Songación Lucanas 187 Lima 13 - Perú
Central Telefónica: (511) 474 3422 Fax: (511) 474 3342
Servicio al Cliente: 0205-15200
ventas@para-rayos.com
www.para-rayos.com



PolyGarde
PARARRAYOS HDA

Descargadores de Oxido de Zinc con contenedor Polimérico
Clase 10 kA, de servicio pesado para protección contra sobrevoltajes en
sistemas de distribución eléctrica hasta 36 kV.

Raychem, líder en ciencia de materiales, impone nuevos estándares de protección con su línea de descargadores HDA. Los pararrayos HDA combinan varistores de óxido metálico *Raychem* de alto rendimiento con un contenedor de material polimérico reticulado de alta tensión probado por más de 20 años en los ambientes más exigentes.

Ampliamente testeados Los Descargadores HDA igualan o superan los requerimientos de las normas ANSI/IEEE C62.11-1993, IEC 99.4-1991 y CAN/CSA C233.1-1987.

Gran distancia de fuga La geometría optimizada y la formulación probada del material polimérico del aislador permite operar sin problemas en ambientes de interperie de contaminación muy pesada.

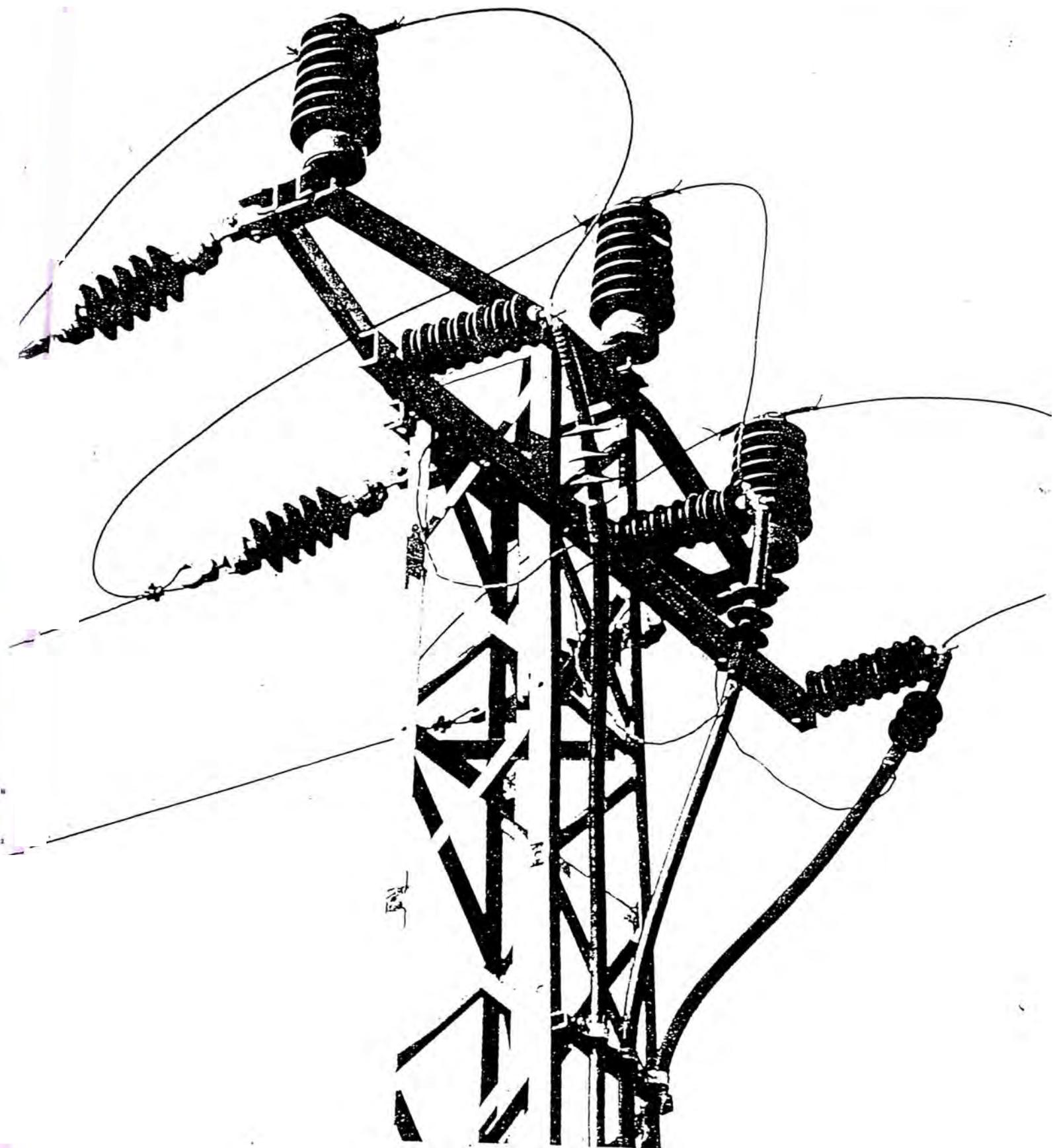
Alto manejo de energía Con la tecnología de varistores *Raychem* es posible descargar impulsos de alta energía con discos de menor diámetro y al mismo tiempo reducir al mínimo las corrientes de fuga en condiciones normales de operación.

Resistentes a la humedad Los varistores quedan encapsulados y sellados sin aire dentro del contenedor polimérico, eliminando la causa más común de falla: Explosión por ingreso de humedad.

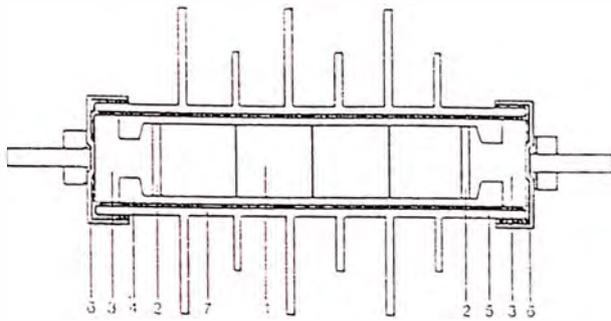
Sin riesgos de explosión Los pararrayos HDA han sido sometidos a numerosos ensayos de diferentes estándares con corrientes de falla de 500 A por 120 ciclos hasta 20 kA por 12 ciclos sin los efectos destructivos de la explosión de pararrayos de porcelana.

Raychem

Raychem Chile Ltda. División Energía - Manuel Montt 1693 - Providencia - Santiago - Chile - Teléfono: 209 8211 - Fax: 223 1477
Raychem del Perú S.A. - Calle Paz Soldán 170 Of. 301 - San Isidro - Lima 27 - Perú - Fono: (511) 2214165 - Fax: (511) 455 6714



Diseño de los pararrayos HDA



- 1 Discos de óxido de zinc
- 2 Golilla de apriete
- 3 Electrodo
- 4 Estructura reforzada de fibra de vidrio
- 5 Sello de mastic viscoelástico
- 6 Cubierta terminal de acero inoxidable
- 7 Contenedor de polímero resistente al contorneo eléctrico

Características Eléctricas

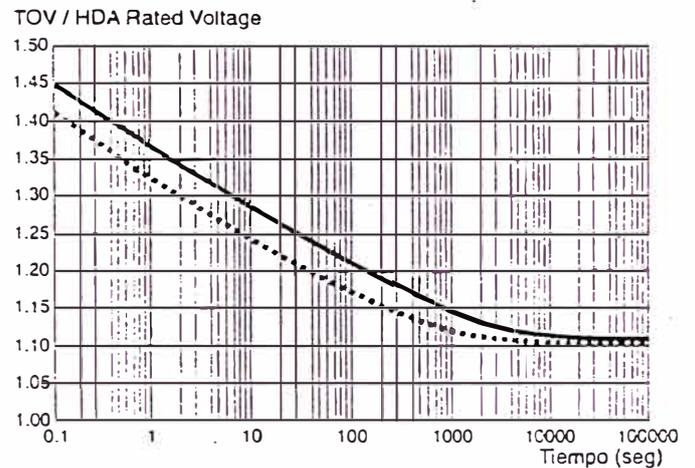
Tipo HDA	Parámetros Norma ANSI/IEEE C62.11		Voltajes de Descarga (DV) para diferentes tipos de onda y magnitud de corrientes [kV]							
	Rated Voltage [kV]	MCOV [kV]	0.5 μseg Steep Impulse	2000 μseg Switching Impulse	Lightning Impulse 8/20 μseg					
			10 kA	500 A	1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
06	6	5.1	22.6	14.8	16.4	17.4	18.6	20.0	22.4	26.2
09	9	7.65	33.9	22.2	24.6	26.1	27.9	30.0	33.6	39.3
10	10	8.4	37.7	24.7	27.3	29.0	31.0	33.3	37.3	43.7
12	12	10.2	45.2	29.6	32.8	34.8	37.2	40.0	44.8	52.4
15	15	12.7	56.5	37.0	41.0	43.5	46.5	50.0	56.0	65.5
18	18	15.3	67.8	44.4	49.2	52.2	55.8	60.0	67.2	78.6
21	21	17.0	79.1	51.8	57.4	60.9	65.1	70.0	78.4	91.7
24	24	19.5	90.4	59.2	65.6	69.6	74.4	80.0	89.6	105
27	27	22.0	102	66.6	73.8	78.3	83.7	90.0	101	118
30	30	24.4	113	74.0	82.0	87.0	93	100	112	131
33	33	26.7	124	81.3	90.2	95.6	102	110	123	144
36	36	29.0	136	88.7	88.7	104	112	120	134	157

Curva de Sobrevoltaje Temporal versus Tiempo (TOV)

Al seleccionar el pararrayos se debe verificar que el Máximo Sobrevoltaje Temporal a frecuencia del sistema (fase-tierra) no exceda la capacidad de resistencia a TOV del descargador.

El gráfico adjunto muestra el tiempo que un pararrayos HDA puede estar sometido a sobrevoltajes temporales (TOV) sin daño alguno a los varistores de óxido metálico.

- 60 °C, sin descarga previa
- 60 °C + descarga previa de 100 kA, 4/10 μseg



Margen de Protección

El Margen de Protección (MP) se calcula como:

$$MP = \frac{BIL - DV_{TOT}}{DV_{TOT}} \times 100 [\%]$$

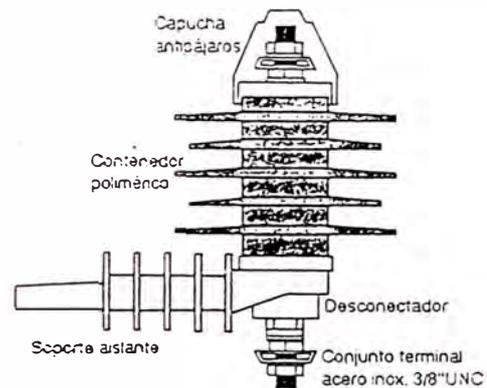
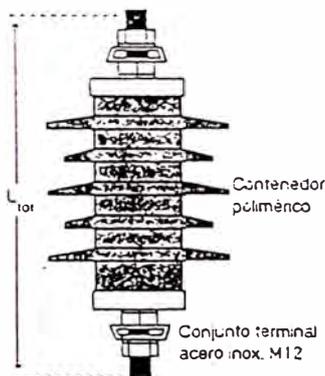
BIL Basic Impulse Level del sistema [kV]
 DV_{TOT} Voltaje de Descarga Total [kV]

El DV_{TOT} es la suma del DV (10 kA, 8/20 μseg) del pararrayos más el Voltaje Inducido en los conductores (Ldi/dt ≈ 3 kV/Mt) de conexión a línea y tierra. Se espera tener un MP mínimo de 20 %.

Dimensiones y Peso

TIPO HDA	ALTURA TOTAL* [mm]	CONTENEDOR PARA ZONA DE CONTAMINACION PESADA			CONTENEDOR PARA ZONA DE CONTAMINACION MUY PESADA		
		DISTANCIA DE ARCO [mm]	DISTANCIA DE FUGA [mm]	PESO* [Kg]	DISTANCIA DE ARCO [mm]	DISTANCIA DE FUGA [mm]	PESO* [Kg]
06	258	175	370	1.4	188	465	1.6
09	258	175	370	1.5	188	465	1.7
10	268	180	372	1.6	193	475	1.8
12	288	194	400	1.8	206	495	2.0
15	418	311	733	2.7	343	1008	2.9
18	418	311	733	2.8	343	1008	3.2
21	448	341	763	3.1	363	1036	3.5
24	479	375	793	3.4	401	1196	3.9
27	588	489	1112	4.2			
30	618	509	1150	4.5			
33	649	536	1170	4.8			
36	679	562	1200	5.1			

* Para pararrayos con desconectador y soporte aislante -BDB- debe sumar 45 mm y 0.6 Kg.



S Sin Desconectador**
 E HDA-XXY-NMM
 L XX: TIPO HDA (Rated Voltage)
 E 06 09 10 12 15 18
 C 21 24 27 30 33 36
 C
 I Y: CONTENEDOR**
 O S = Rojo, contaminación pesada
 N L = Rojo, contaminación muy pesada

Con Desconectador**
 HDA-XXY-BDE
 XX: TIPO HDA (Rated Voltage)
 06 09 10 12 15 18
 21 24 27 30 33 36
 Y: CONTENEDOR**
 S = Rojo, contaminación pesada
 L = Rojo, contaminación muy pesada

** La versión "Con desconectador" se usa sólo para aplicaciones exteriores: En caso de falla interna, el desconectador se quiebra, separa de tierra al pararrayos e indica la falla. La versión "Sin desconectador" es para uso interior y exterior.

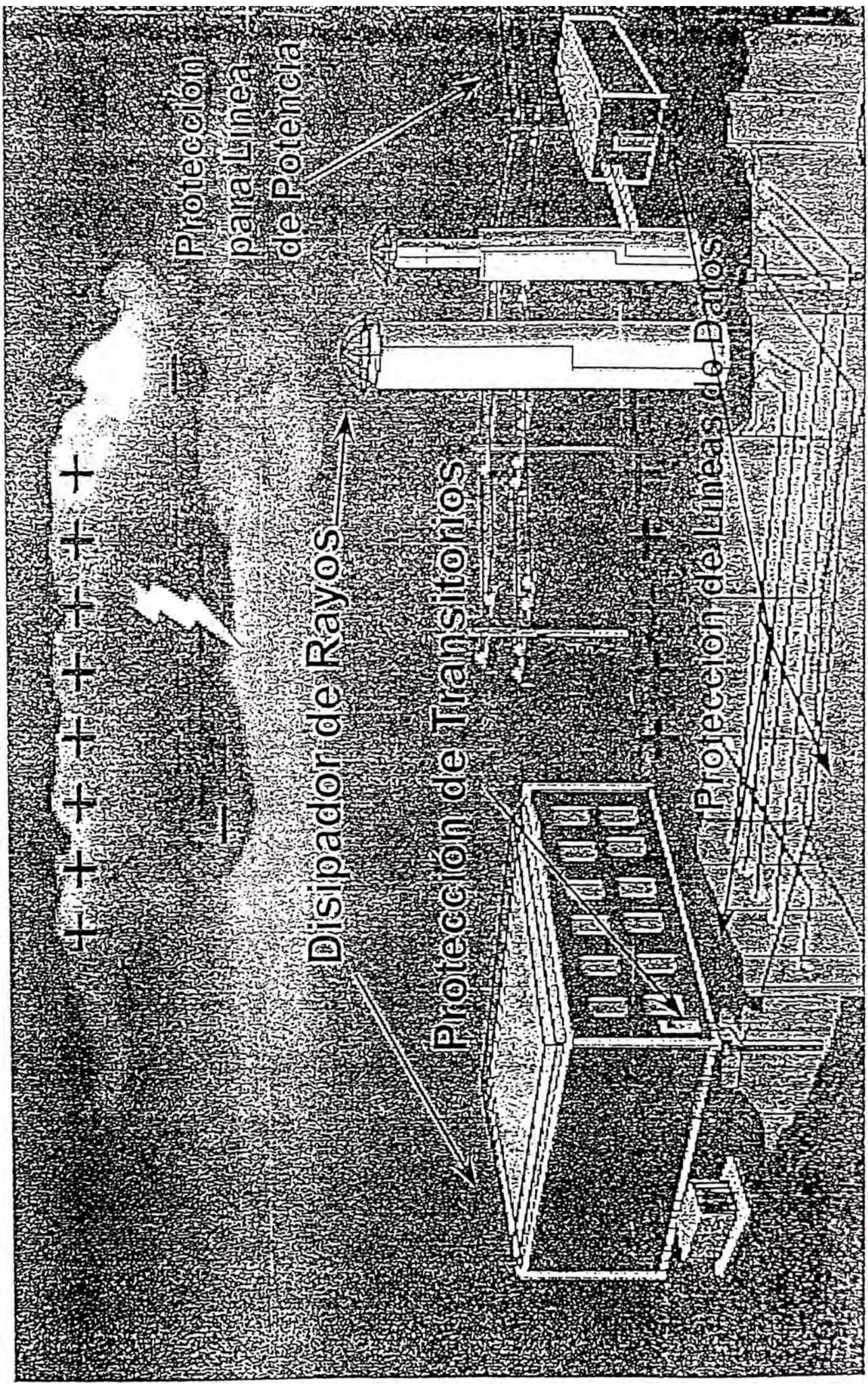
** Prefiera contenedor para contaminación pesada (Y = S ó Q).

Ejemplos: HDA-15S-NMM Rated Voltage 15 kV, para montaje interior o exterior, contenedor color rojo para contaminación pesada. Conjunto terminal de acero inoxidable M12.

HDA-21L-BDE Rated Voltage 21 kV, exclusivo para montaje exterior, contenedor color rojo para contaminación muy pesada, soporte aislante, desconectador y capucha antipájaros. Conjunto terminal de acero inoxidable 3/8" UNC.

Para otras alternativas de accesorios de montaje, color, conexiones especiales, información técnica adicional o apoyo para la especificación y selección, contacte directamente a **Raychem**.

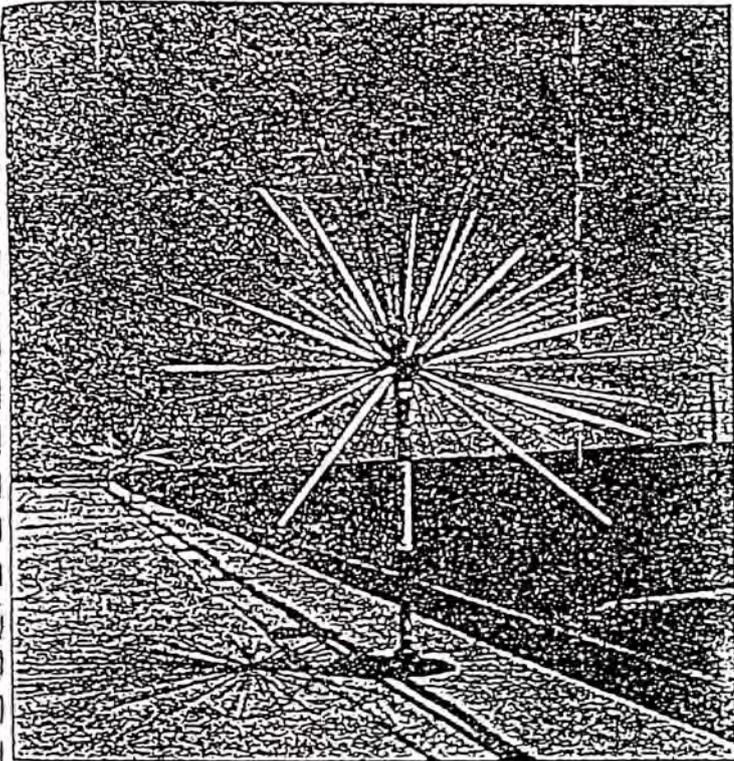
PROTECCION INTEGRAL



TECNOLOGIA AVANZADA EN TERMINALES AEREOS

TERMINAL DE ESFERA ERIZADA (SBT®)

TERMINAL AEREO DE FRANKLIN COMBINADO
CON TECNOLOGIA DE ARREGLO DE DISIPACION.



UN TERMINAL LISTADO POR LOS
LABORATORIOS "UL" QUE
INCORPORA NUESTRO IONIZADOR
DE ESFERA ERIZADA.

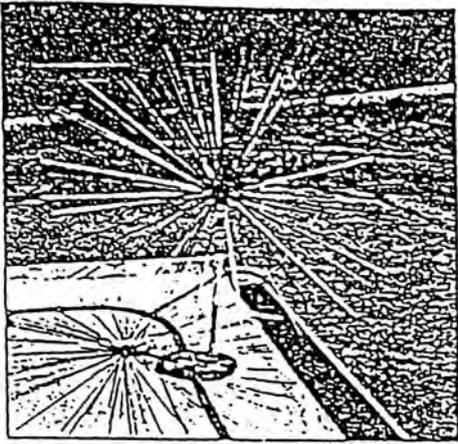
- Previene los impactos de Rayo.
100% efectivos como Terminales Aéreos.
- Intercambiable con Terminales
Aereos estandar.
- Se Adapta a la Base de la Punta Pararrayos.
- Se puede usar en cualquier sistema
especificado por NFPA-78, UL96A,
NAV FAC DM4 o Army 385-100.

Basado en la famosa tecnología de Arreglo de Disipación y al contrario del Terminal Aéreo convencional que en realidad incrementa la actividad de rayos; el Terminal de Esfera Erizada PREVENDRÁ la mayoría de los impactos, y al funcionar como un terminal aéreo, atraerá todos los restantes.



**Lightning
Eliminators
Consultants, Inc.**

6687 Arapahoe Road
Boulder, COLORADO 80303
(303) 447-2828 FAX (303) 447-8122



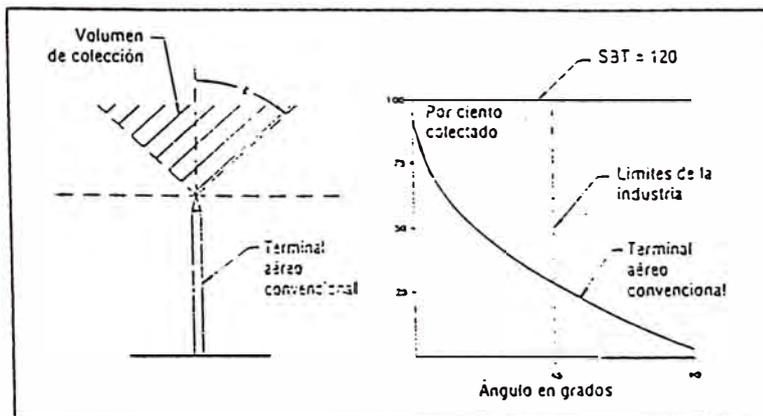
LA INSTALACIÓN ETIQUETADA DE LOS AÑOS 90 Y MÁS ALLA :

EL TERMINAL DE ESFERA ERIZADA

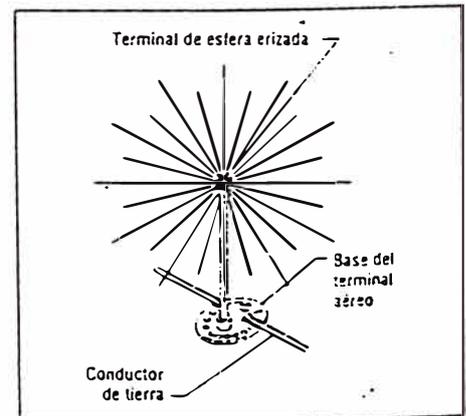
- Producto de venta al público que lleva una etiqueta maestra para facilitar su identificación.
- Rendimiento mejorado con electrodo de tierra químicamente cargado (CHEM-ROD®) listado por UL.
- Peso ligero / bajo perfil de viento / fácil de instalar.

TERMINAL AÉREO DISIPANTE

El Ionizador de Esfera Erizada (SBI®) y el Terminal de Esfera Erizada (SBT®) de LEC fueron desarrollados como un terminal aéreo híbrido optimizado. Ambos proveen el espaciamiento de puntas requerido para maximizar la corriente de ionización. Al mismo tiempo proveen una punta orientada al menos cada 5 grados en azimuth, para el rango completo de 360 grados y 120 grados de elevación. Como resultado de ello, no hay ninguna dirección desde la cual una "pasolider" de rayo pueda aproximarse, que no tenga un punto colector orientado directamente hacia el y muchos otros puntos colectores de apoyo cerca.



EFICACIA DE COLECCION DE IMPACTOS
TERMINAL AEREO CONVENCIONAL VS. SBT®



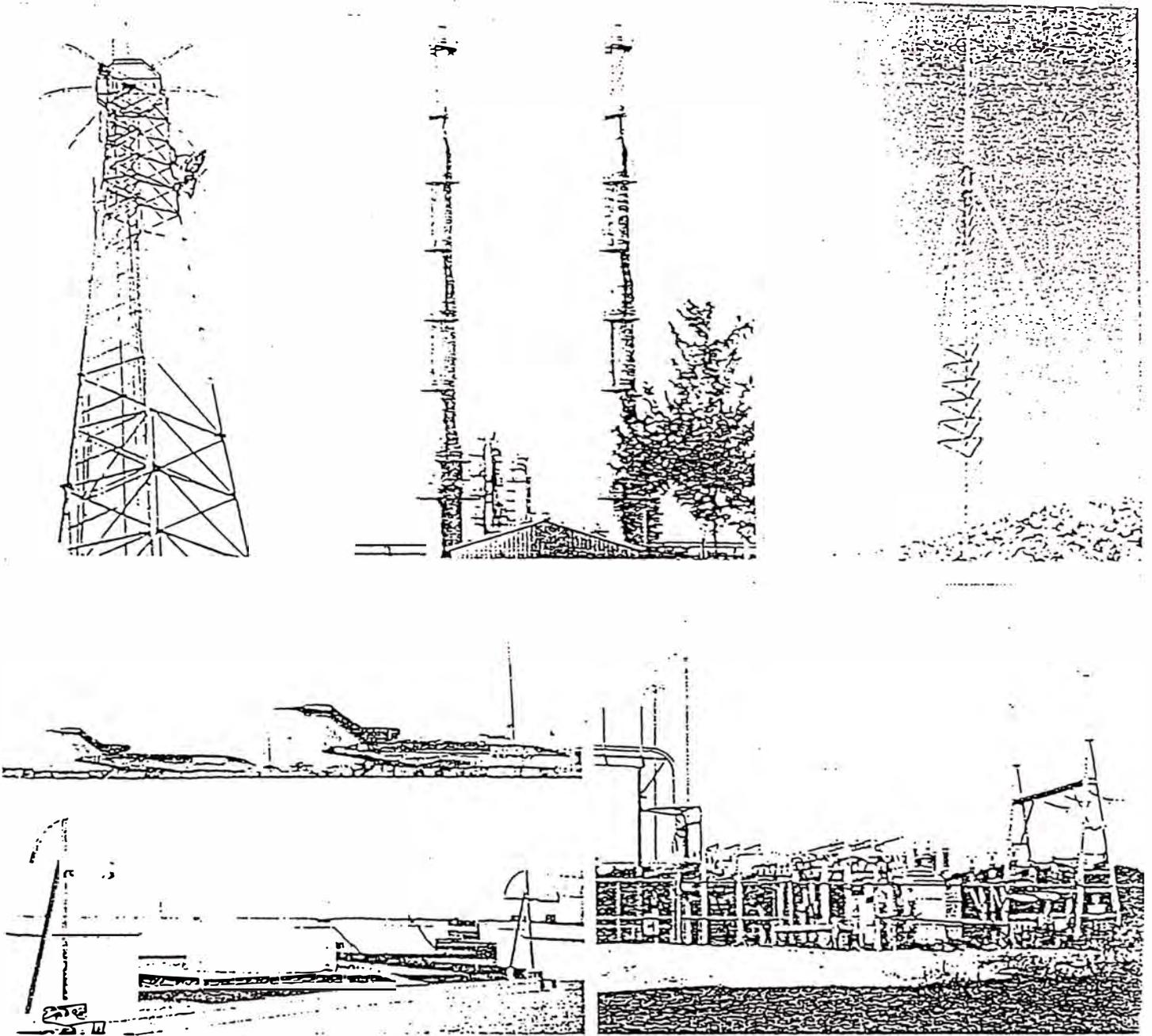
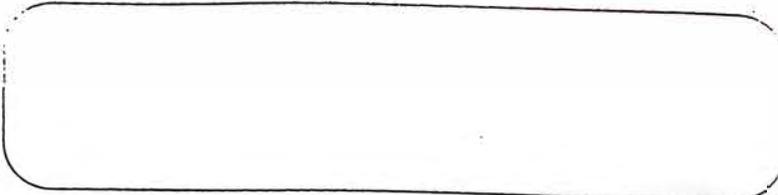
INSTALACION DEL SBT®

EMPLEO EL SBI® Y EL SBT® EN SISTEMAS BASADOS EN ESTANDARES

Estandares tales como NFPA-78, UL96A, NAV FAC DM4 y el militar 385-100, están basados en el uso de un barra contra rayos de punta sencilla, conocido como terminal aéreo o colector de impactos. Sin embargo desde que UL ha listado el SBI® y el SBT®, estos ensambles pueden ser usados en vez del terminal de punta sencilla proveyendo un colector de impacto mucho más efectivo. En la mayoría de los casos, pueden ser usados como un reemplazo directo. El SBT® está diseñado para instalación en la placa convencional de montaje de barra contra rayos.

SISTEMA DE PROTECCION DAS HEMISFERICO

Local Installations Dissipation Array System



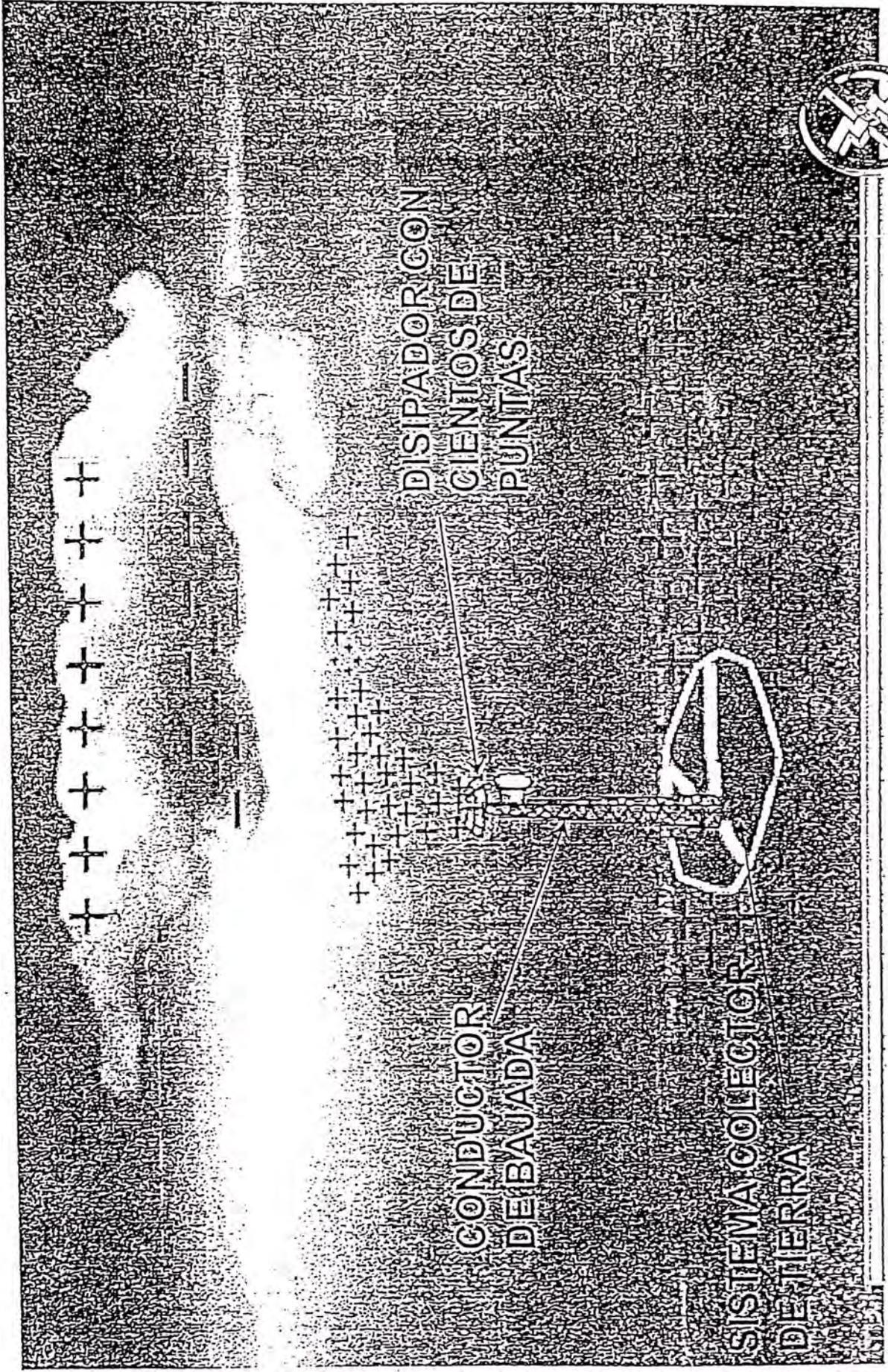
**Lightning
Eliminators
& Consultants, Inc.**

Engineering Solutions to Lightning, Grounding, and Surge Problems Worldwide Since 197

6687 ARAPAHOE ROAD
BOULDER, CO 80303-1453
PHONE: 303-447-2828 FAX: 303-447-8122
INTERNET: marketing@lightningeliminators.com
WEB PAGE: <http://www.lightningeliminators.com>

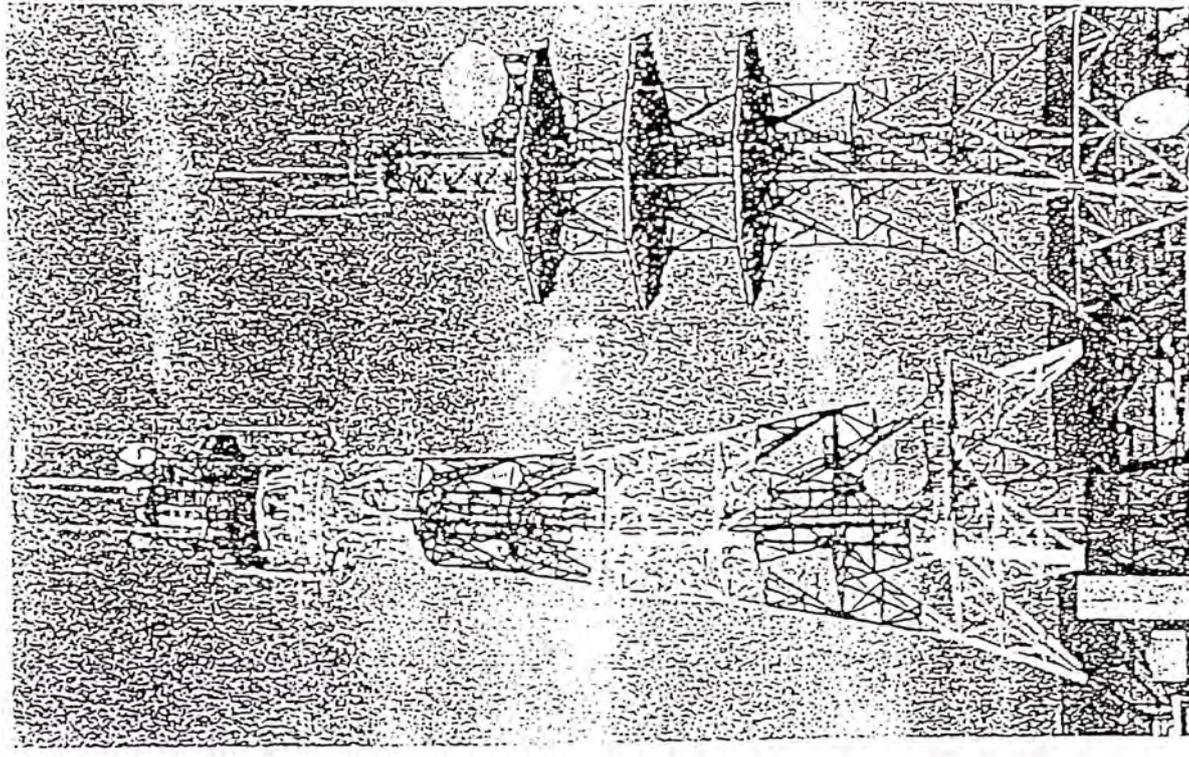
COPYRIGHT AUGUST 1991 LEC INC. ALL RIGHTS RESERVED
PATENT NUMBER 5,243,527

OPÉRACION DEL DAS®



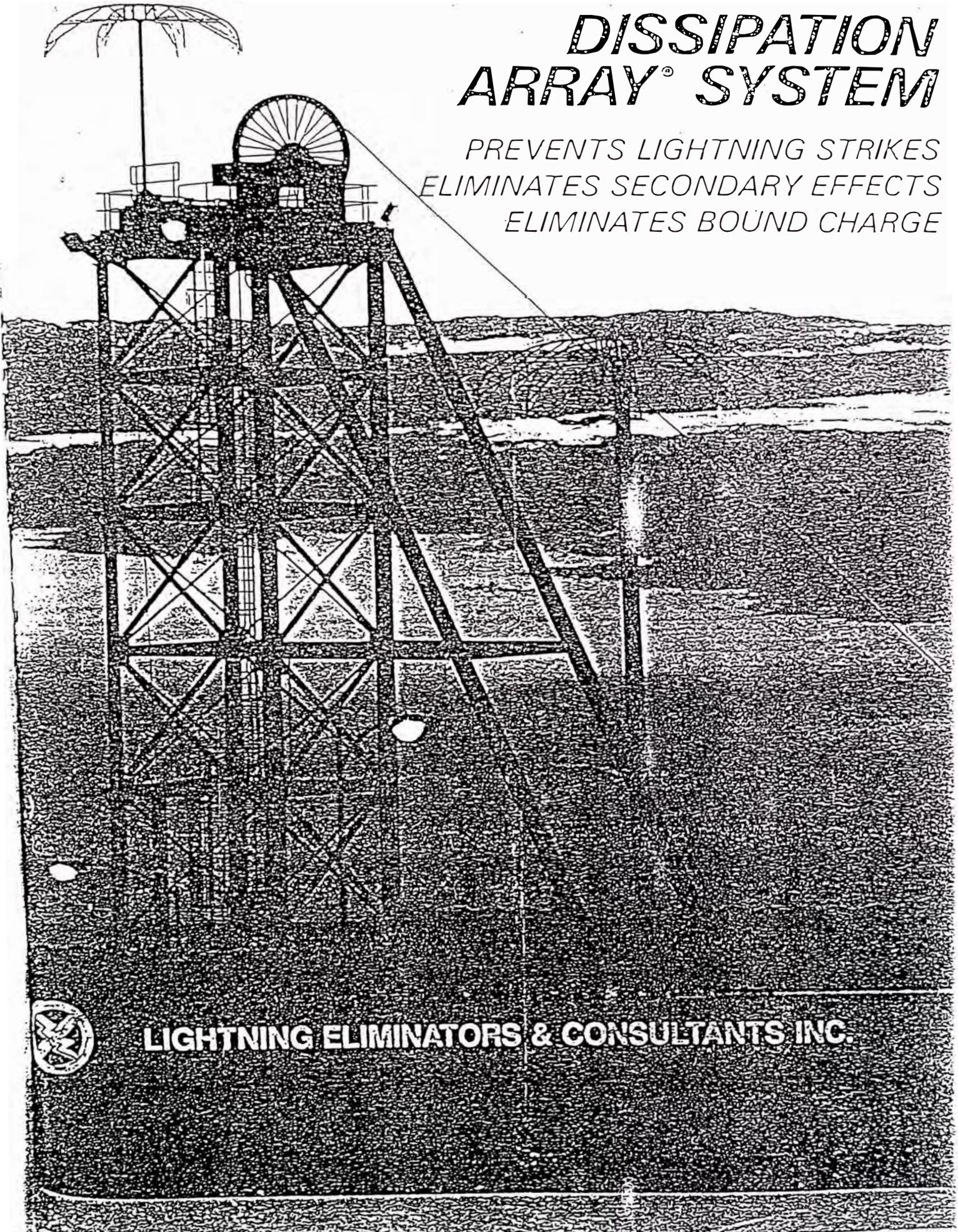
USO DEL DAS® EN COMUNICACIONES

Empresa de
Telecomunicaciones
Japón



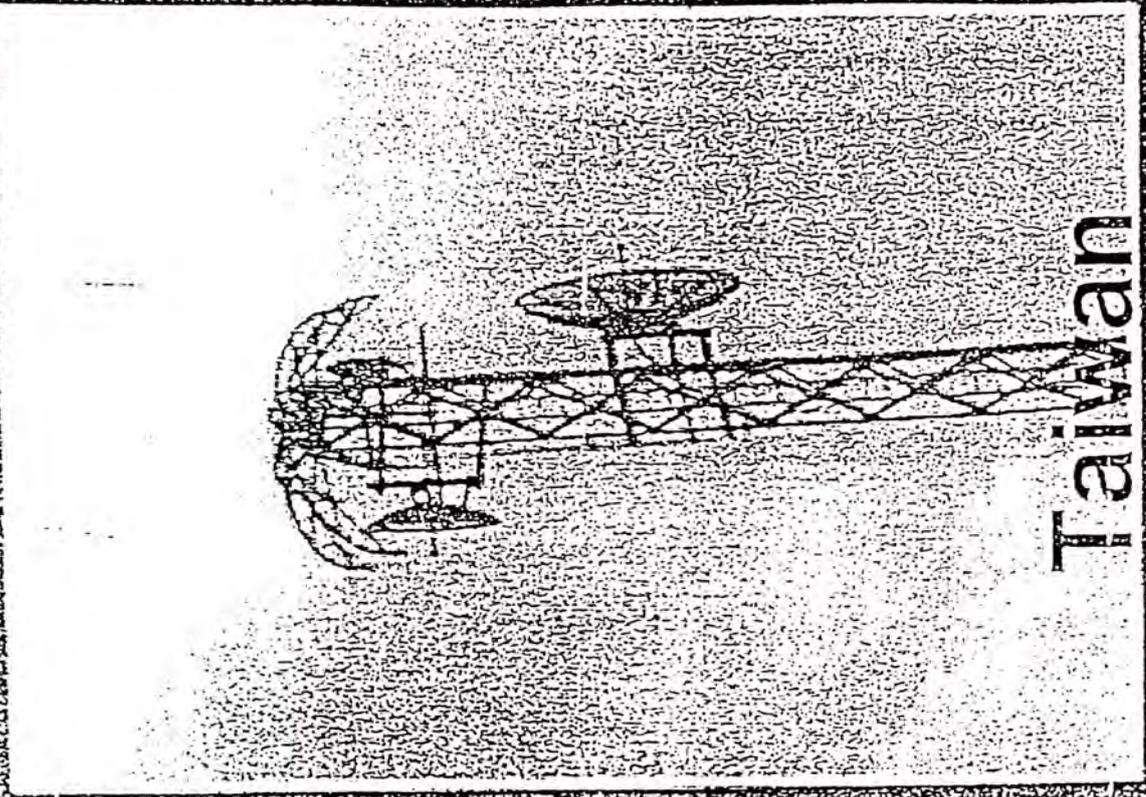
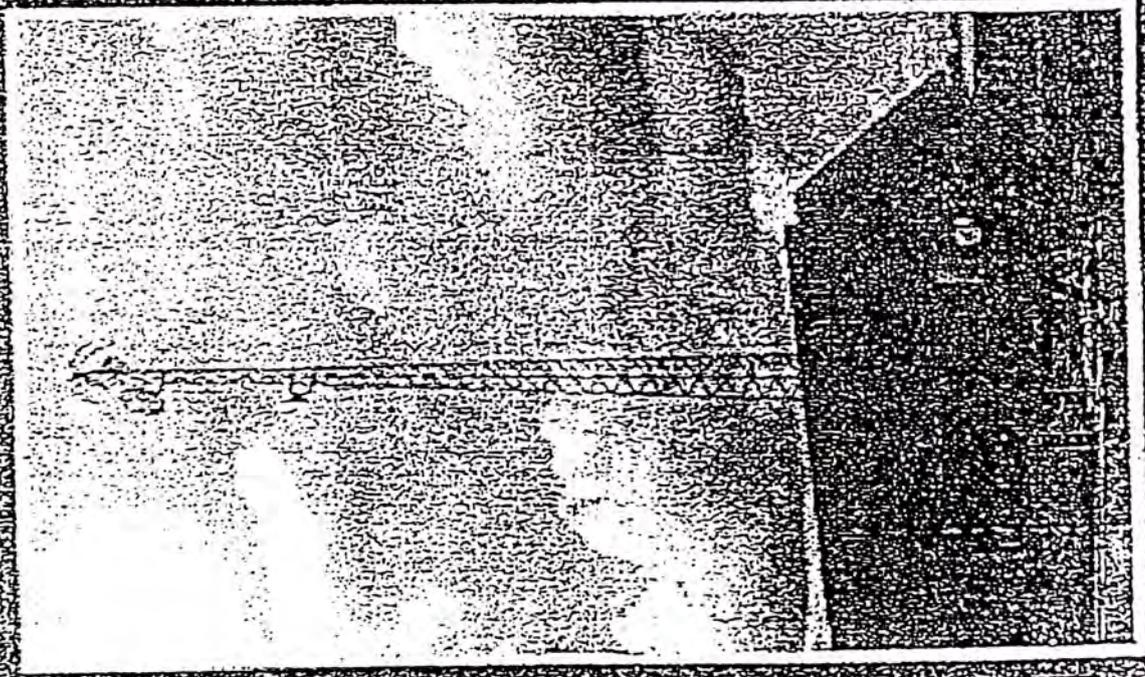
DISSIPATION ARRAY[®] SYSTEM

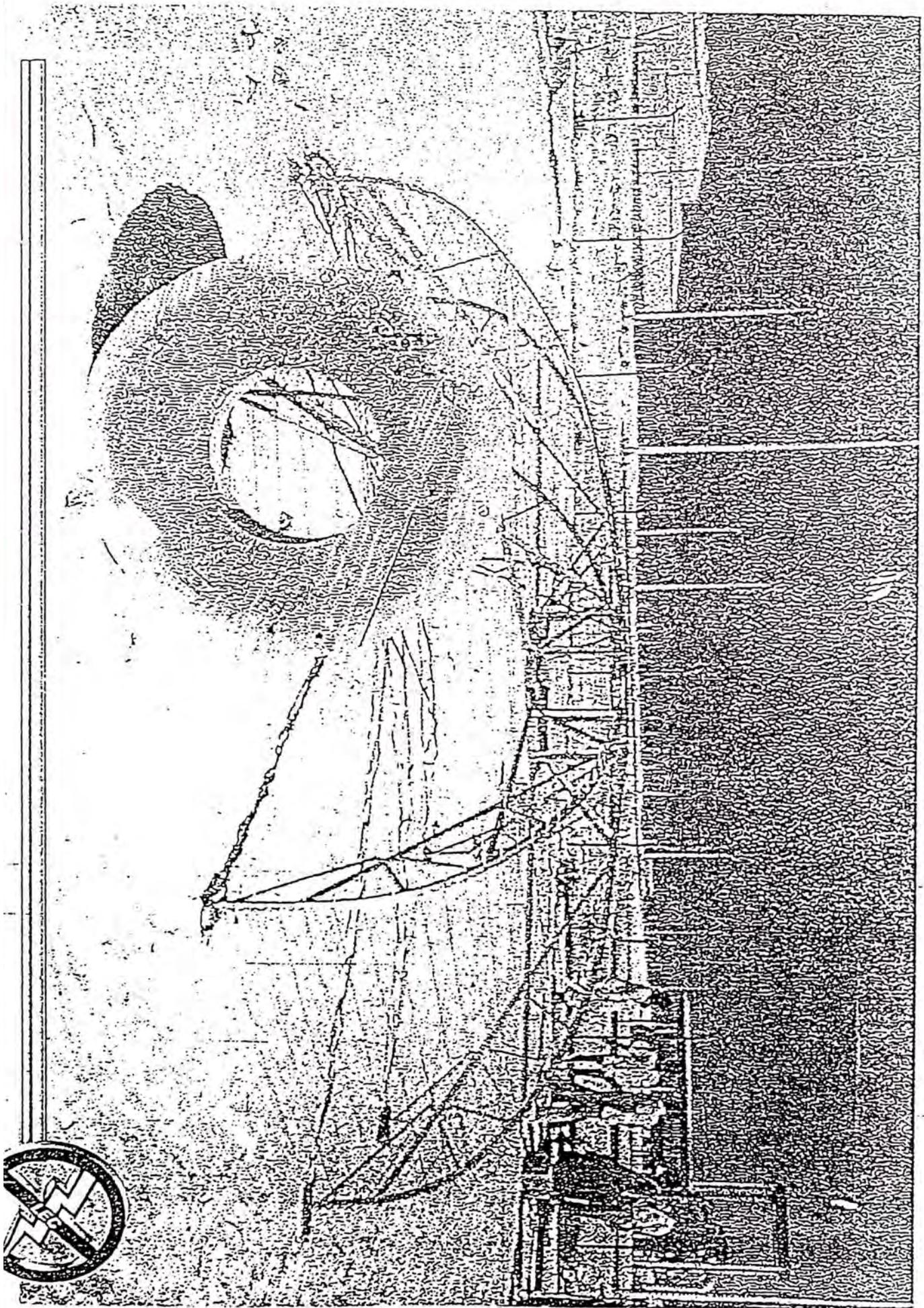
*PREVENTS LIGHTNING STRIKES
ELIMINATES SECONDARY EFFECTS
ELIMINATES BOUND CHARGE*



LIGHTNING ELIMINATORS & CONSULTANTS INC.

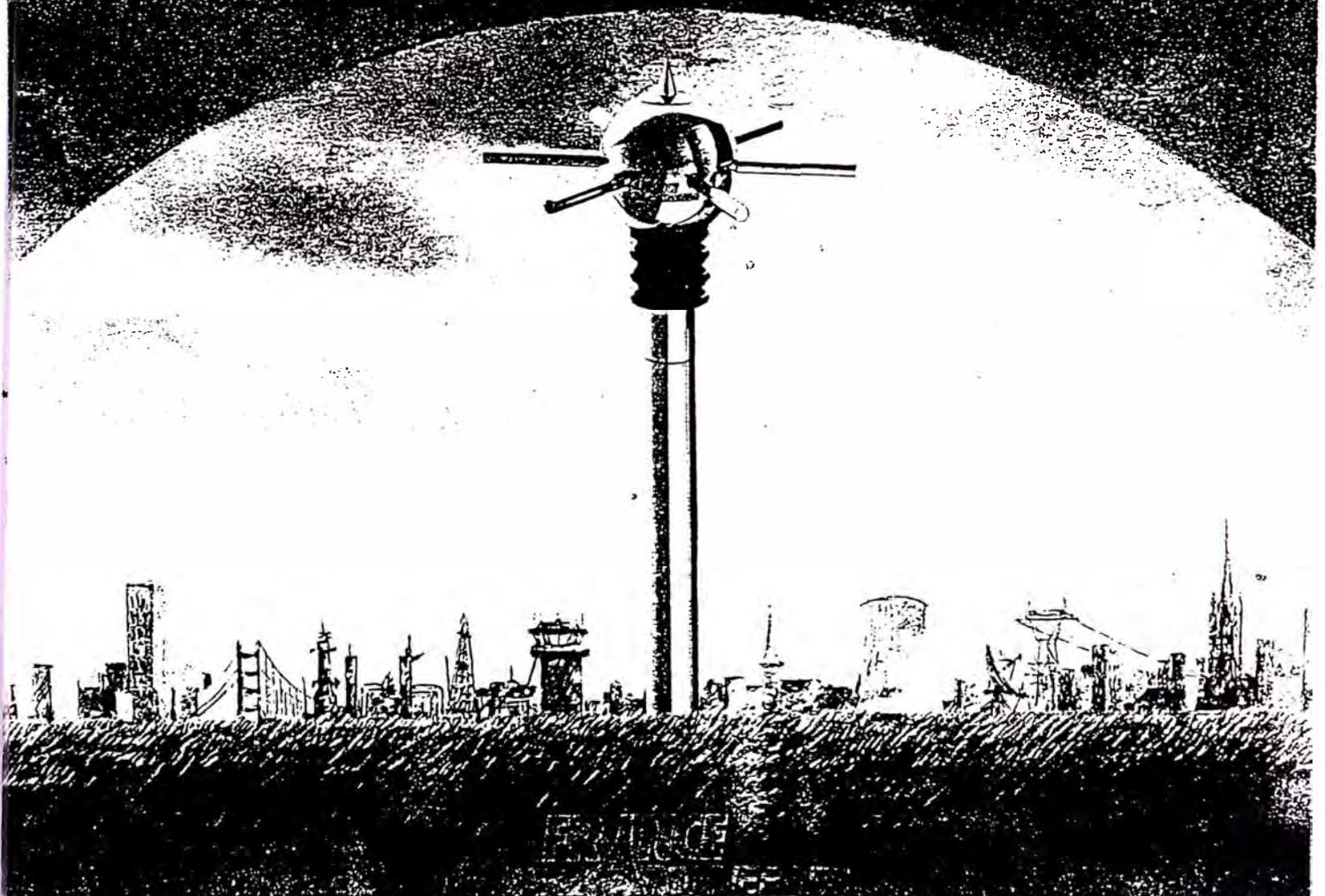
USO DEL DAS® EN COMUNICACIONES

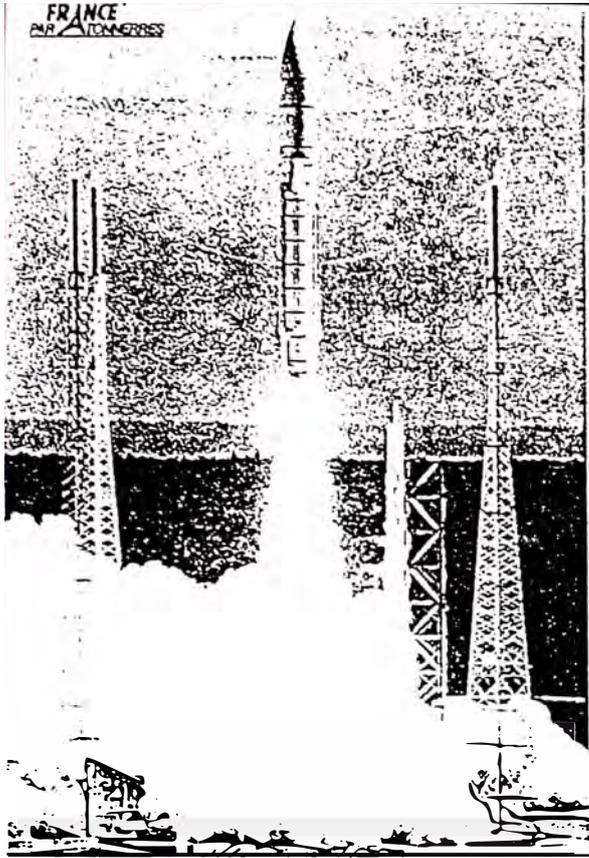




PARATONNERRE IONIFLASH

La référence



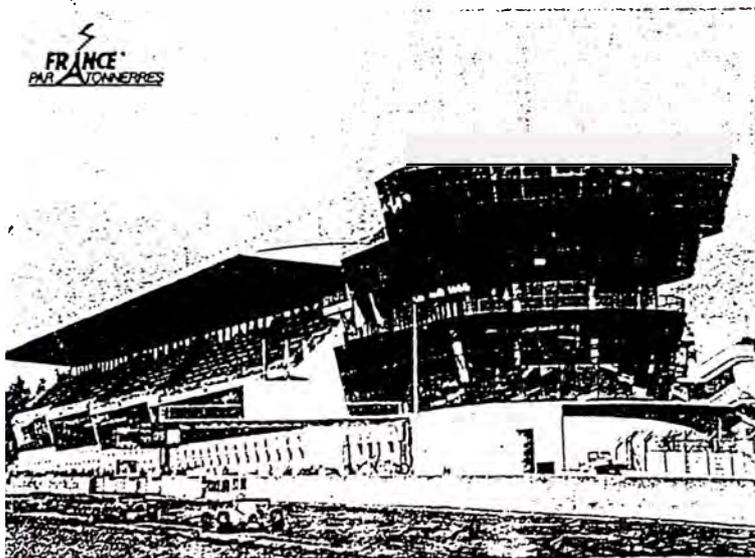


Protection for the Ariane 5 launch pad

CONTINUOUS RESEARCH FOR OPTIMUM RELIABILITY.

At France Paratonnerres, our objective is to ensure that the equipment we offer you is totally reliable, which is why research goes on all the time. The perfection of the IONIFLASH air terminal based on the development of the ionising system, is the culmination of many years of research. Experiments carried out in the Electricity of France (EDF) Very High Voltage research laboratory provided the information necessary for the creation of the first IONIFLASH. Other trials are regularly carried out to enhance the performance of equipment which is becoming increasingly reliable.

It is thanks to this innovative spirit that France Paratonnerres have won the confidence of such prestigious clients as France Télécom - EDF - The French Army - CEA - The National Centre for Space Research - The Ministry of Culture - TDF - The Bank of France, etc.



Racing Circuit Les 24 Heures du Mans

CONVINCING TRIALS :

- 1988-1989 :

An on-site comparative test, between an IONIFLASH and a simple air terminal on a France Télécom pylon.

In one year, 7 lightning strikes occurred on the IONIFLASH, none on the simple air terminal of the same length.

«To date, no other air terminal has managed to equal this test».

Communication M. Damour France Télécom in RGE N°7 - July 1994.

- 1996 :

Very High Voltage Laboratory in the University of Pau ; basic research carried out over 3 months, focusing on the operation of different early streamer emission air terminal systems.

This research made it clear that in the present state of knowledge, only the IONIFLASH system can significantly improve the performance of the simple air terminal, regardless of trial conditions.

EXPERTISE BASED ON UNDERSTANDING.

To understand the action of a lightning conductor, it is essential to know how lightning is formed. The lightning stroke begins with the creation in the depths of the cloud of the leader tracer which travels in leaps towards the earth.

This is the downward tracer.

The presence of the storm cloud increases the electrical field of the atmosphere at ground level.

This variation causes a «crown effect» to appear at the point of all geometrical structures ; it is this natural ionisation which brings about the formation of the upward tracer.

The lightning stroke, born of the downward tracer, makes a direct strike, on the earth, a building or a person, causing considerable damage to property and living creatures. In the average negative lightning stroke, the maximum intensity of the current is 25,000 amperes.

TECHNOLOGY AT THE SERVICE OF SAFETY.

The purpose of the lightning conductor is to emit a rising electrical discharge to deflect the effect of the downward tracer. As it is transmitted towards the cloud, this rising discharge creates a field which is sufficient to modify the path of the downward tracer : the lightning current is thus dispersed into the earth. This process can occur naturally, but the action of the IONIFLASH triggers it more rapidly and therefore ensures more effective protection.

This is the concept of early streamer emission.

IONIFLASH : THE CHOICE OF RELIABILITY.

Reliability is the essential quality of the IONIFLASH.

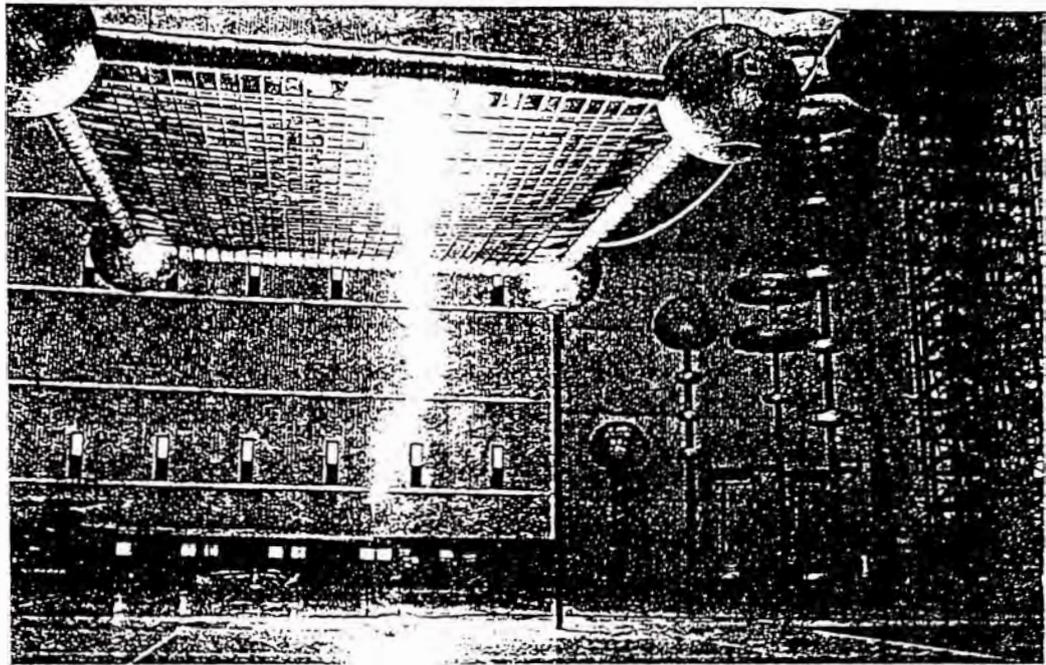
This is provided by the following :

- The operating principle of the early streamer emission, which does not require any fragile components (so no risk of failure).
- The unparalleled accuracy of the ionisation ; we are talking about millionths of a second.
- The materials used in its manufacture : copper and stainless steel are chosen for their excellent resistance to corrosion.
- Its qualities of independent operation and of reliability mean that it can even be installed in places which are difficult to reach, such as church towers and spires.

FF
PAR



Example of a shock created in the EDF Very High Voltage Laboratory at «Les Renardières»



**TEST REPORTS
ON THE IONIFLASH AIR TERMINAL.**

Since July 1995, the results of the early streamer emission air terminals (E.S.E.) have been determined according to laboratory obtained results, using the evaluation procedure of the NF C 17-102 standard.

France Paratonnerres chose the Electrical Discharge Laboratory in the University of Pau (France) to characterise the performances of the IONIFLASH according to this procedure.

Procedure for formative tests :

The evaluation of the average value of dT must be carried out on series of 100 shocks, respectively on 2 configurations corresponding to the early streamer emission air terminal (E.S.E.) and the simple air terminal. The natural field conditions are simulated in the laboratory by the superposition of a permanent electrical field and of an impulse field associated with an electrode in the form of a plate situated at distance H from the ground.

The permanent field conditions

resulting from the distribution of the charges into the cloud are established by a continuous negative polarity voltage applied to the plate electrode, producing a field of 10 to 20 kV/m.

The impulse field resulting from the approach of the downward tracer is simulated by a bi-exponential negative polarity voltage wave applied to the plate. The rise time is defined at 30% - 90% it is 650 microseconds and the slope of the wave during the development phase of the discharge is situated at around 10 GV/m/s.

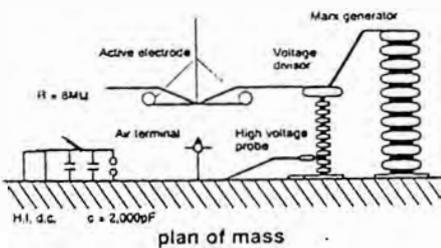
The tests carried out according to the procedure described in the NF C 17-102 standard of 1995 concerning the determination of the early streamer emission time of this air terminal have thus produced the following significant results :



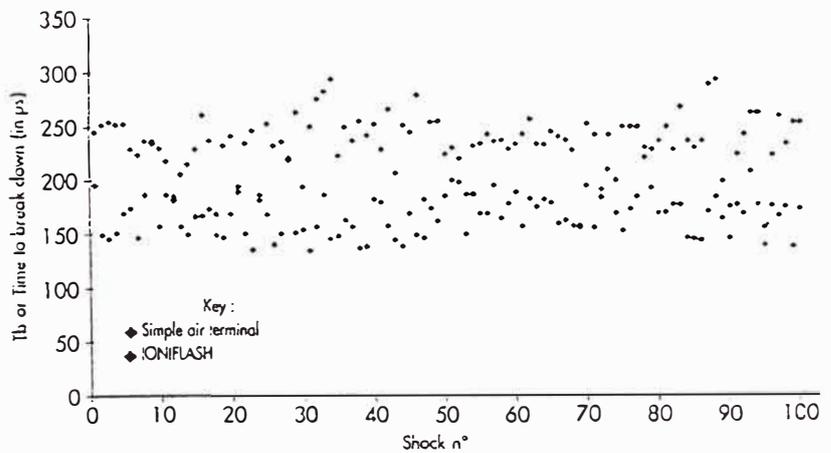
Eurodysney Paris

Early streamer emission time measured experimentally in 300 μ s wave :	64.3 μ s
Early streamer emission time reduced to the standardisation reference :	129 μ s
Weighted early streamer emission time used to calculate the protection radius :	86 μ s

DIAGRAM OF THE TEST ASSEMBLY



COMPARATIVE STUDY OF THE EVOLUTION IN TIME OF T_b :



**CATALOGOS DE SUPRESOR
DE TRANSITORIOS**



AC Surge Protectors



Distinctive Features

1. Instantaneous and reliable response in indoor and outdoor environments.
2. Extremely long life with dependable protection levels.
3. Low suppression voltage levels even with high current surges.
4. Ability to protect against high surge currents and survive.
5. Reliable and equal performance for surges of either polarity.
6. Internal monitoring circuitry available for remote alarm signals on heavy-duty surge protectors.
7. Individual heavy-duty (Surgitron D) protector modules can be replaced without disturbing the surge protector installation.

Application

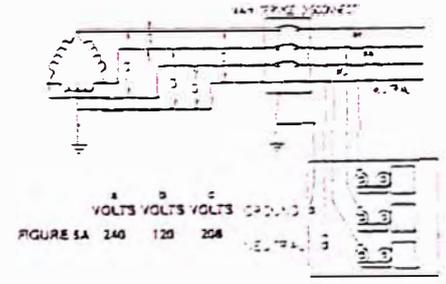
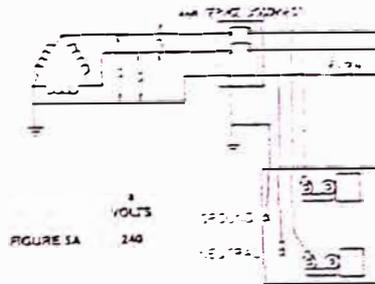
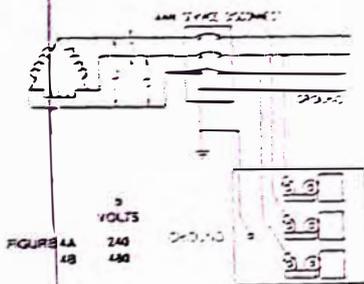
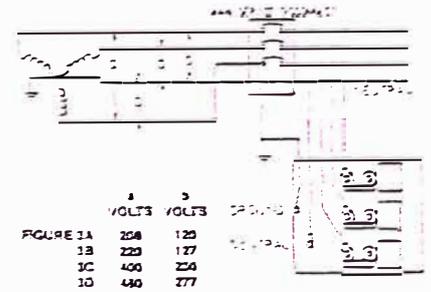
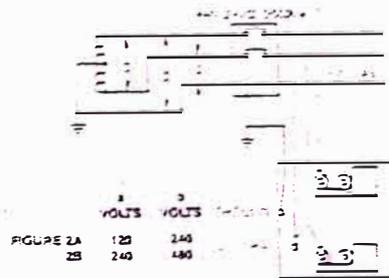
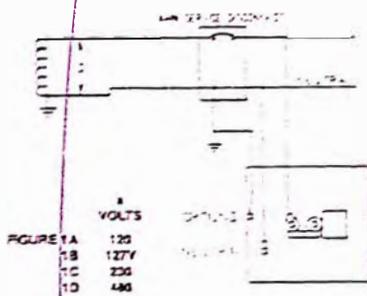
This family of surge protectors for use on AC power circuits is designed for connection to a facility's main service or distribution panels to provide protection for the facility from damage due to external transients and surges caused by lightning, induction, switching surges, and, even to some degree, EMP. Their excellent levels of protection make them particularly effective in preventing damage to delicate solid-state electronic equipment.

Method of Operation

When a surge voltage exceeds the normal system voltage, the surge protector instantaneously bypasses the surge. The protector continues to conduct the surge until the surge has passed and the system voltage has returned to normal. The protector automatically restores itself to its normal operating condition without interrupting the electric power and with no necessity to replace fuses or to reset circuit breakers.

They are designed and tested to withstand surge currents exceeding those recommended in IEEE C62.1, ANSI/IEEE C62.11 and IEEE C62.41. Tests were performed in accordance with IEEE Standard C62.45.

Connection Diagrams



AC Surge Protectors

Specifications

Protectors with the suffixes -21, -41 and -45 have status lights to indicate the protector's operating condition.

Protector models with the suffixes -80 and -85 have status lights and also relays with form "C" contacts so as to permit

remote monitoring with either low-voltage or high-voltage circuits.

Circuit Configuration			Protection Category								
			SURGITRON I			SURGITRON II			SURGITRON III		
			Heavy-Duty Service Entrance or Sub-Panel			Medium-Duty Service Entrance or Heavy-Duty Sub-Panel			Medium-Duty Sub-Panel		
			Warranty: 5 Years			Warranty: 5 Years			Warranty: 3 Years		
	Description	See Fig.	Part No. ¹	kA/Phase	Protection Modes	Part No.	kA/Phase	Protection Modes	Part No.	kA/Phase	Protection Modes
Single Phase	120 Vac, 2 wire	1A	1260-85	100	L-N,L-G,N-G	1260-41	100	L-N,L-G,N-G	1260-21	40	L-N, N-G
	127 Vac, 2 wire	1B	1259-85	100	L-N, L-G, N-G						
	220-250 Vac, 2 wire	1C	1261-85	100	L-N,L-G,N-G	1261-41	100	L-N,L-G,N-G	1261-21	40	L-N, N-G
	480 Vac, 2 wire	1D							1263-21	40	L-G
Split Single Phase	120/240 Vac, 3 wire	2A	1265-85 ² 1265-85-MN	100 200	L-N,L-G,N-G L-N,N-G	1265-41	50	L-N,N-G	1265-21	40	L-N, N-G
	240/480 Vac, 3 wire	2B	1266-85	100	L-N, N-G						
Three-Phase Grounded Wye	208Y/120 Vac, 4 wire	3A	1455-80 1455-85 ² 1455-85-MN	100 100 200	L-N,L-G,N-G L-N,N-G L-N,N-G	1455-41	50	L-N,N-G	1455-21	40	L-N,N-G
	220Y/127 Vac, 4 wire	3B	1449-80	100	L-N, L-G, N-G						
	400Y/230 (220-250V L-N) Vac, 4 wire	3C	1457-80 ³ 1457-85 1457-85-MN	100 100	L-N,L-G,N-G L-N,N-G	1457-41	50	L-N,N-G	1457-21	40	L-N,N-G
	480Y/277 Vac, 4 wire	3D	1456-80 1456-85 1456-85-MN	100 100 200	L-N,L-G,N-G L-N,N-G L-N,N-G	1456-41	50	L-N, N-G	1456-21	40	L-N,N-G
Three-Phase Delta	240 Vac, ungrounded, 3 wire	4A	1450-85	100	L-G,L-L						
	240 Vac, corner grounded, 3 wire	5A	1266-85	100	L-N,N-G						
	240/120 Vac, center-tap grounded, 4 wire	6A	1452-80 1452-85 1452-85-MN	100 100 200	L-N,L-G,N-G L-N,N-G L-N, N-G	1452-41	50	L-N,N-G	1452-21	40	L-N,N-G
	480 Vac, ungrounded 3 wire	4B	1451-85	100	L-G,L-L				3x 1263-21	40	L-G

¹Some types are available without remote monitoring relays as Model No. -45.

³Recommended for use on TT power systems.

²Tested to Bellcore Specification TR-NWT-001011.

Characteristics Common to All Units

Maximum Surge Current is shown in the column titles "kA/Phase." For split single-phase units, this value applies to each line. Units with replaceable fuses may need the fuses replaced after a heavy surge.

Minimum Life Expectancy. All Heavy-Duty units are capable of protecting against and surviving at least 2,000 surges of 10,000

amperes 8/20μs per phase, the equivalent of at least 50 years of operating life in a severe lightning environment.

Load Rating. All units have unlimited load rating. They can be used on circuits of any load capacity, though for optimum life -21 models are recommended for circuits up to 200 A and -41 models for circuits up to 500 A.

Operating Temperature. All units will operate over the temperature range of -40C to at least +85C.

Power Frequency. All units are designed to operate on 50Hz or 60Hz systems.

Surge Protector Voltage Ratings. All units are designed to operate at the referenced nominal system voltage.

it INNOVATIVE TECHNOLOGY, INC.



C22.2#8
ECN 516

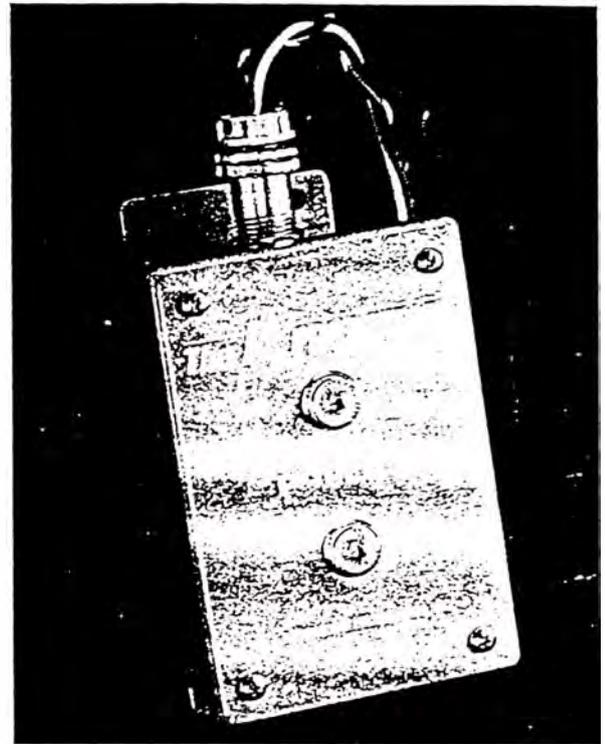
1449



A setup transformer at an airport uses The Protector®.

The versatile P-Plus Protector® safeguards your electrical system at service entrances, distribution and sub-distribution panels, or individual equipment locations. The wide range of applications together with P-Plus' field-proven durability combine to give you industry leading performance and value. When the P-Plus is used in the I.T. System Shield® protection plan or as a stand alone unit, it affords peace of mind and long term protection. Designed for locations of up to 800 Amps, the P-Plus Protector® is an excellent choice for a wide variety of surge suppression applications.

The Protector® P-Plus Models



Features

Applications

- Industrial/commercial facilities
- Service entrances, distribution and sub-distribution panels with ampacities up to 800 Amps
- Individual equipment such as printing presses, robotic assembly machinery, variable frequency drives, UPS/battery back up systems, HVAC, etc.

Easy Installation

- Compact size
- Mounting feet
- Instructions provided

Effective Protection

- All mode protection (Normal and Common)
- Protects vital load equipment
- Decreased transient-related downtime and repair costs

Quality-Built In and Field Proven

- 100% final product inspection and testing

Parallel Wired

- Current flow to critical loads is not interrupted
- Provides protection regardless of load current amperage

Electro-Chemical Design

- High tensile strength encapsulant
- Thermal stress-reducing
- Environmentally sealed
- Maintenance free

Superior Performance

- Response time less than one nanosecond
- Low let-through voltage levels
- High peak surge current levels

Ten Year Warranty

- Long-term protection
- Low life cycle investment

Distributed By:

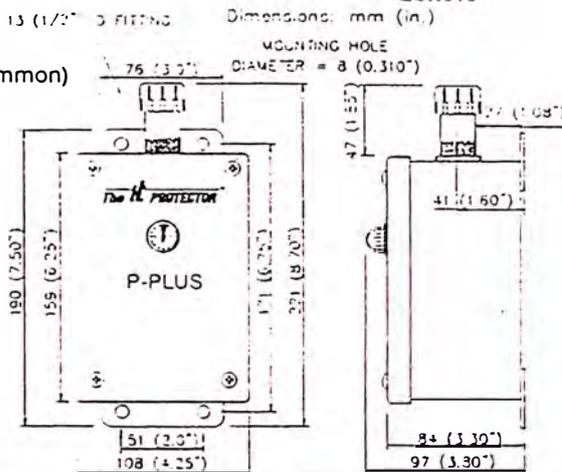
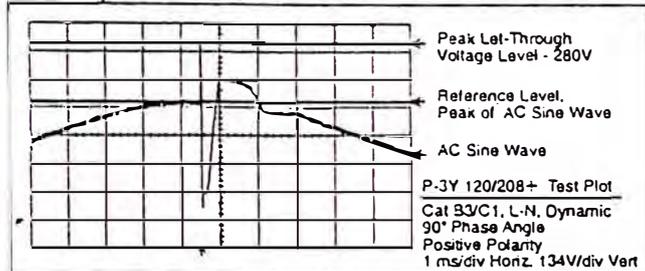
P-Plus Models

The Protector[®]

Transient Voltage Surge Suppressor

Specifications

- Application** — Service Entrances, Distribution Panels, Sub-distribution Panels, and individual equipment locations with ampacities up to 800A
- All Mode Protection** — L-N, L-L(Normal) L-G, N-G(Common)
- Input Power Frequency** — 50, 60, 420 Hz
- Response Time** — ≤ 1 nanosecond
- EM/RFI attenuation** — Up to 38 dB (Normal) Up to 34 dB (Common)
- Capacitance** — Up to 10 nF L-N, 10 nF L-G, 15 nF N-G
- Housing** — NEMA 12, 13
- Wire** — #12 AWG
- Shipping Weight** — =2.7 kg (6 lbs.)
- Warranty** — 10 Years



Model Circuit Type (Number of Wires) and Options	Max. Cont. Operating Voltage rms	Peak Surge Current in Amps	Energy Dissipation in Joules	ANSI/IEEE C62.41-1991 Let Through Voltage Tests*				
				Test Mode	Test Category			
					A3 Ring Wave 6,000V 200A 90°	B3/C1 Impulse Wave 6,000V 3,000A 90°	C2 Impulse Wave 10,000V 5,000A Static	C3 Impulse Wave 20,000V 10,000A Static
P-1S 120 + 1 ϕ (2 wire + ground) A,B,C	130 L-N 130 L-G 130 N-G	58,500 Total 39,000 Phase 19,500 N-G	630 Total 420 Phase 210 N-G	L-N L-G N-G	230 (D) 260 (D) 400 (S)	300 (D) 340 (D) 460 (S)	560 580 590	830 860 870
P-1S 120/240 + 1 ϕ (3 wire + ground) A,B,C	130 L-N 130 L-G 130 N-G 260 L-L	97,500 Total 39,000 Phase 19,500 N-G	1050 Total 420 Phase 210 N-G	L-N L-G N-G L-L	220 (D) 250 (D) 380 (S) 350 (D)	300 (D) 320 (D) 470 (S) 440 (D)	570 590 580 940	850 870 860 1300
P-3Y 120/208 + 3 ϕ Y (4 wire + ground) A,B,C	130 L-N 130 L-G 130 N-G 260 L-L	136,500 Total 39,000 Phase 19,500 N-G	1470 Total 420 Phase 210 N-G	L-N L-G N-G L-L	220 (D) 250 (D) 380 (S) 350 (D)	280 (D) 320 (D) 460 (S) 400 (D)	570 590 600 920	860 800 910 1300
P-3Y 277/480 + 3 ϕ Y (4 wire + ground) A,B,C	320 L-N 320 L-G 320 N-G 640 L-L	136,500 Total 39,000 Phase 19,500 N-G	3360 Total 960 Phase 480 N-G	L-N L-G N-G L-L	450 (D) 460 (D) 850 (S) 1600 (S)	600 (D) 610 (D) 950 (S) 1700 (S)	1200 1200 1200 2000	1500 1600 1600 2400
P-240 NN + 3 ϕ Δ (3 wire + ground) A,C	275 L-G 275 L-L	117,000 Total 39,000 Phase	2520 Total 840 Phase	L-G L-L	420 (D) 400 (D)	550 (D) 520 (D)	990 970	1400 1300
P-480 NN + 3 ϕ Δ (3 wire + ground) A,C	550 L-G 550 L-L	117,000 Total 39,000 Phase	3780 Total 1260 Phase	L-G L-L	1700 (S) 1600 (S)	1800 (S) 1800 (S)	2000 2000	2500 2600
P-600 NN + 3 ϕ Δ (3 wire + ground) A,C	680 L-G 680 L-L	117,000 Total 39,000 Phase	4500 Total 1500 Phase	L-G L-L	1800 (S) 1800 (S)	2000 (S) 2000 (S)	2200 2200	2900 2800
P-3D 120/240 + 3 ϕ Δ (4 wire + ground) A,B,C	130 L-N 130 L-G 130 N-G 260 L-L 275 HIL-N 275 HIL-G	136,500 Total 39,000 Phase 19,500 N-G	1890 Total 630 Phase 210 N-G	L-N L-G N-G L-L HIL-N HIL-G	220 (D) 250 (D) 400 (S) 360 (D) 410 (D) 420 (D)	290 (D) 330 (D) 500 (S) 460 (D) 510 (D) 540 (D)	590 610 610 950 970 1100	880 930 920 1300 1400 1400

*Let-Through Voltage Test Environment: Dynamic at 90°(D) or Static (S), positive polarity. All voltages are peak ($\pm 10\%$), Time base=1ms. 90° phase angle voltages are measured from the positive peak of the sine wave to the peak of the surge. All tests performed with 6" lead length, simulating actual installation.

Options A- Internal Circuit Interrupt, B-Internal Circuit Interrupt & Remote Alarm Contacts, C- NEMA 4 Housing(weatherproof) (some specification values may change)

The Protector[®]
INNOVATIVE TECHNOLOGY, INC.

Model P-240NN Plus

Transient Voltage Surge Suppressors for Protection of Distribution Panel, Sub-distribution panels, and individual locations with ampacities up to 800A.

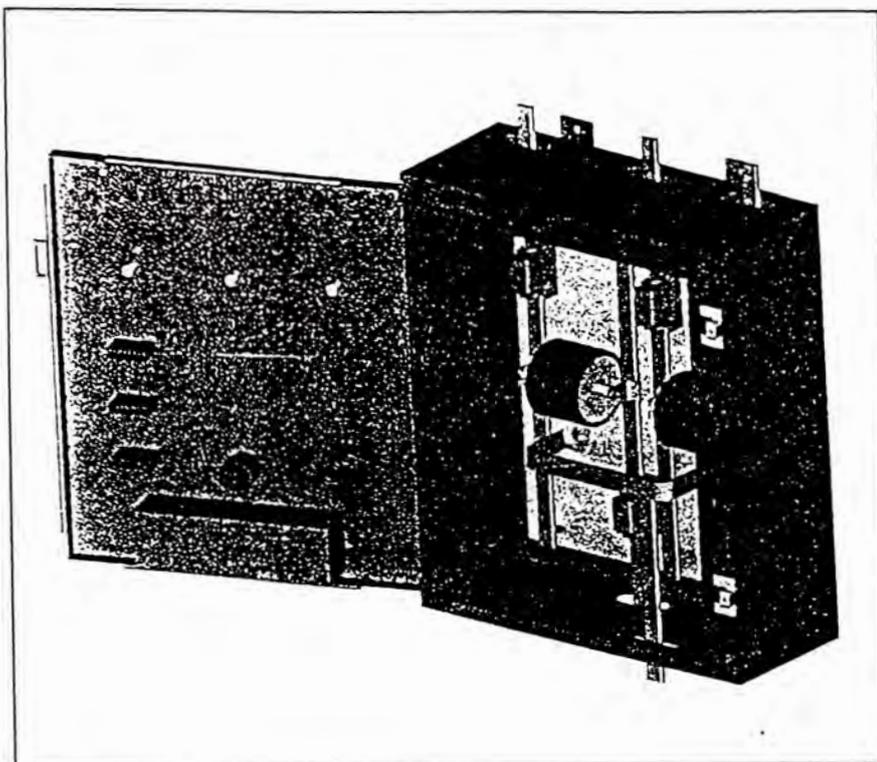
- a. **Application:** 3 phase, Delta 240 Vrms, 3 wire + ground
- b. **Maximum Operating Voltage:** 320 Vrms (452 Volt) L-G, L-L
- c. **Input Power Frequency:** 50, 60, 420 Hz
- d. **Peak Surge Current:** 240,000 Amperes Total
(3 X 20 = Waveform, Single Impulse) 80,000 Amperes Per Phase
- e. **Energy:** 3,300 Joules Total
(10 X 1000 = Waveform, Single Impulse) 1,100 Joules Per Phase
- f. **EML/RFI Filter:** Noise Rejection up to 42 dB Normal Mode; 41 dB Common Mode
- g. **Response Time:** ≤ 1 nanosecond
- h. **Protection - All Modes:** Normal Mode (L-L), Common Mode (L-G)
 Bi-directional, Positive and Negative Impulse Protection
- i. **Let-Through Voltage:** Test Environment: Dynamic at 90° (D) or Static (S), Positive Polarity, All voltages are peak($\pm 10\%$), Time base = 1ms. Voltages are measured from the sine wave to the positive peak of the surge.

Test Mode	Cat B3/C1 Impulse 6,000V and 3,000A 90°	Cat C3 Impulse 20,000V and 10,000A Static
L-G	630 (D)	1,500
L-L	630 (D)	1,700

Note: Testing shall be done in accordance with ANSI/IEEE C62.41-1991 on the complete suppression unit with lead length comparable to that needed to connect the TVSS to the device to be protected. Lead length is defined as the length between the TVSS device enclosure exterior to the connection point. Typical lead length is 6". The lead length parameter must be specified on test documentation and shall not be less than 6", simulating typical installation.

- j. **Design:** Suppression circuitry to be fully encapsulated in thermally conductive material and consist of Threshold Suppression Network (TSN) circuitry
- k. **Listing/Certification** The entire unit shall bear UL 1449, C-UL listing and CSA certification. Listing of modules, sub-assemblies or components is not acceptable.
- l. **Warranty:** 10 years
- m. **Size:** Compact with dimensions no greater than 5" width x 8" height x 4" depth to allow close-to-the-load installation
- n. **CFC Prohibited:** The TVSS shall comply with Sections 602 and 611 of the Federal Clean Air Act of 1990.
- o. **Manufacturer Qualification:** Quality system certification to ISO 9001:1994

Transient Voltage Surge Suppressor



Protect your valuable electrical equipment and prevent data loss with Raychem's Rayvoss Transient Voltage Surge Suppressor system. Rayvoss offers superior protection in a reasonably priced solution through our innovative Hybrid Protector Block design. The product line offers a full range of protection devices designed to accommodate various protection modes, class capacities, electric phases, and continuous operating voltages.

Rayvoss Helps You Avoid...

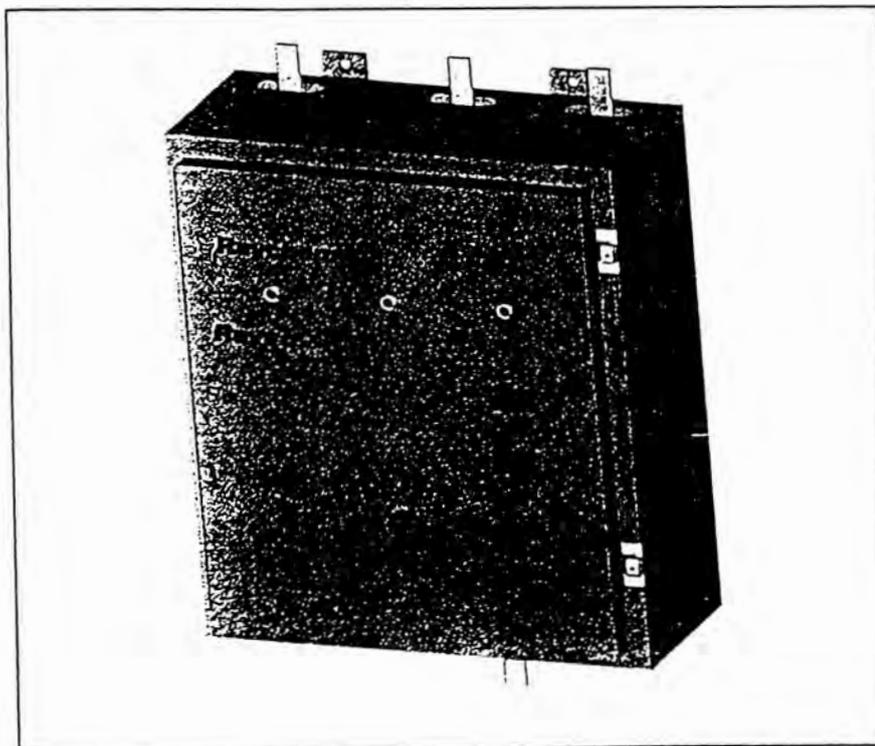
- Damage caused by lightning strikes
- Loss of reliability in powered facilities in remote locations
- Damage to rectifiers caused by surges
- Switching surge pollution in industrial environments
- Equipment failures caused by ground potential rise (GPR)
- Loss of data files stored on electromagnetic media

With Rayvoss, you are protected against utility-generated surges, such as those resulting from the normal operation of the utility provider's recloser and capacitor bank switches. Your equipment and data is also safe from internally generated surges, and from incoming surges from the grounding grid caused by lightning strikes, current short-circuits, and switching surges. Rayvoss offers the ultimate in surge protection technology, and meets the new UL-1449 safety standard.

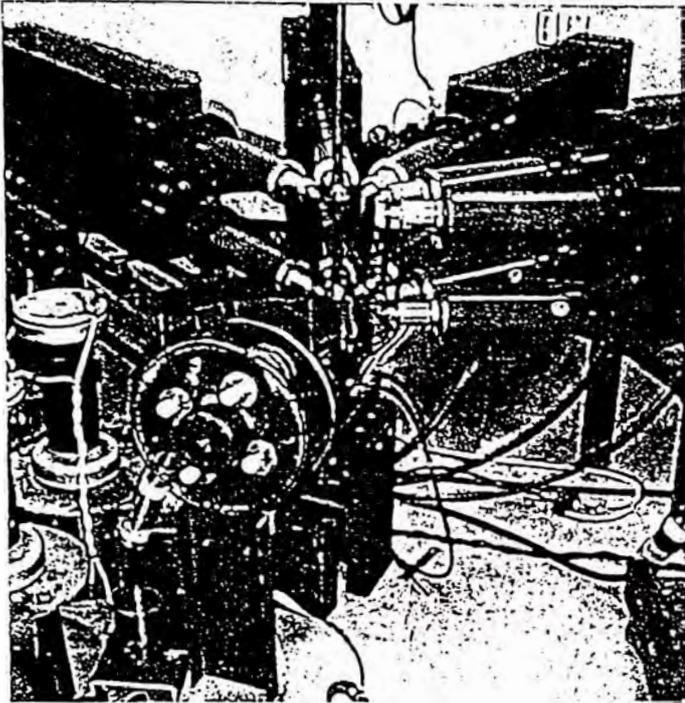
Rayvoss can handle power surges up to 130kA. Two protector block designs (high-capacity and medium capacity) are featured, implementing Raychem's expertise in MOV technology. Rayvoss' TVSS features include:

- Low clamping voltage (see specification)
- High current impulse capacity (65 and 130 kA)
- Fast response to incoming surges through low-impedance design
- High energy absorption capability (13,600 and 27,000 Joules)

The Rayvoss TVSS device is very small, which makes it a good choice for maximizing the protection capabilities of your current facilities. Its reasonable price makes it the ideal solution for protecting your valuable electrical equipment. Sales information, training, support, and service are available from your local Raychem Sales Representative.



Rayvoss Solution



Rayvoss is an ideal solution for protecting:

- Rectifiers
 - Switch Mode
 - Thyristor
 - Diode bridge
- Wave Generators (DC to AC)
 - Diode Bridge
- UPS
 - Thyristor
 - Switch mode
- Air Conditioners/ Heaters
 - Heavy Duty Class
- Insulation Transformers
 - Extra-Insulation Class
 - Ferrorresonant

Unique Protection Performance

- New Hybrid Protector Block design (patented)
 - High Impulse Current capacity (65 and 130 kA)
 - High Energy absorption capability (13,600 and 27,000 Joules)
 - Fast response due to low impedance design
 - Low Clamping Voltage (750 volts at 3 kA (8/20))
See specifications on back page
- "Fail Safe" feature built into the protector block (patented)

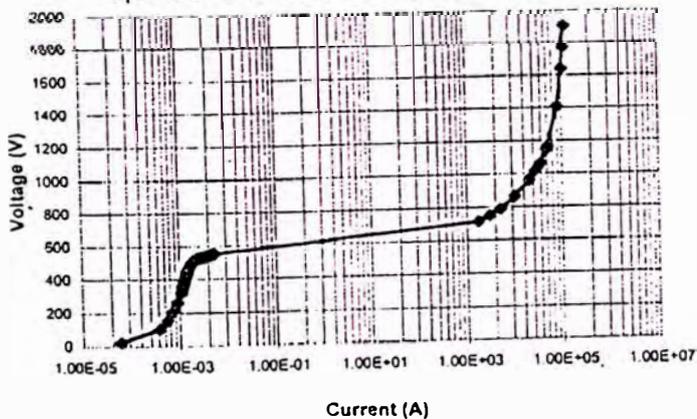
Additional Product Features

- Proven technical claims: Raychem's High Voltage and Current Laboratory testing demonstrates Rayvoss' capacity.
- Much higher Surge Coordination Current up to 40 kA. The Fail-Safe feature allows Rayvoss to use higher capacity fuses.
- Small sizes allow retrofitting existing facilities with much greater protection capabilities, using the same space.
- Direct Training, Support and Technical Service available through Raychem's world-wide sales force.

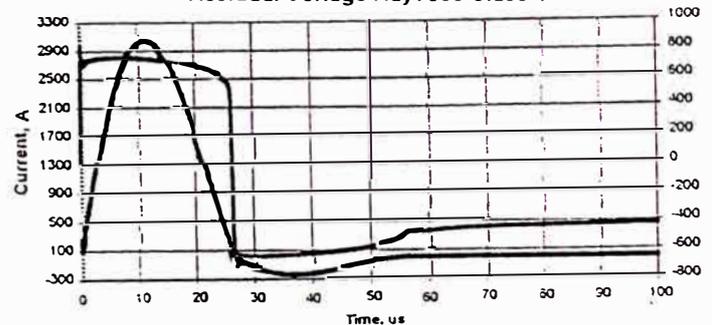
Ceramic Semiconductor Raychem Technology

- High quality MOV design and packaging
- High Thermal Energy capacity design dissipates Electric Transient Energy
- High maximum current capacity manages direct strikes with minimal aging
- Customized Solutions (Alarms, Surge Counters, Diagnostics)
- Small sizes and high capacity for retrofit applications

Operation Curve for the Rayvoss Class 1



Residual Voltage Rayvoss Class 1



Selecting the Right Rayvoss Product for Your Needs

Electrical Parameters

- Single or three-phase application
- Neutral connection
 - Multigrounded neutral
 - Unigrounded neutral
 - Impedance grounded
 - Floating neutral
- Definition of utility link
 - Aerial connection (Medium voltage or LV)
 - Underground connection (MV or LV)
- Grounding grid quality and resistance

Definition of class equipment (ANSI/IEEE-C62.45)

- Class C (Options C2 and C3)
 - Coordination with other protectors
 - Protection at the service entrance (utility)
 - Energy absorption capacity
 - Capacity to handle direct strikes
 - Poor grounding grid requires a higher capacity
- Class B (Options B2 and B3)
 - Focus to protect a main Electric feeder
 - Coordination with other protectors
- Class A (Options A2 and A3)
 - Focus on protecting one specific piece of equipment
 - Clamping voltage
 - Protected value

Voltage Clamping - Check Safety Factor (over 30%) for 3 kA (8/20)

- Critical equipment immunity
 - for 120v nominal, 800 volts peak transient
 - for 240v nominal, 1,500 volts peak transient
- Applications
 - Switching and transmission
 - Rectifiers (from thyristors to switchmode tech. (SMR))
 - Power inverters (switch mode)
 - Program Logical Controllers (PLC)
- Semi-critical equipment
 - for 120v nominal, 1,500 volts peak transient
 - for 240v nominal, 2,500 volts peak transient
 - UPS and portable equipment
 - Air conditioners and heaters
- General Equipment
 - for 120v nominal, 2,500 volts peak transient
 - for 240v nominal, 4,000 volts peak transient
 - Insulator transformers

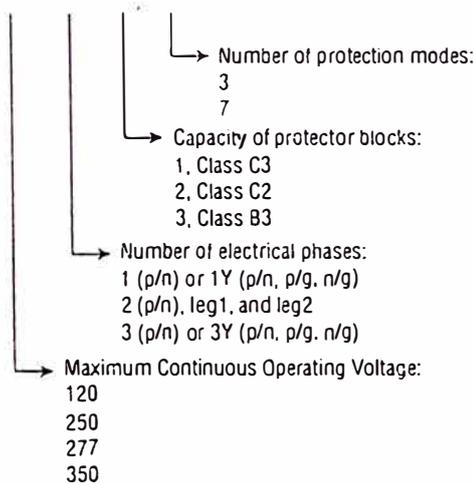
Energy Handling Capability and Maximum Surge Current

- Transient Voltage Energy: All the energy in the system is transferred to ground by the TVSS
 - 80 Joules per pulse of lightning (up to 20 pulses)
 - Capacitor bank of 600 KVAR (average) stores up to 740 Joules
 - Switching wave of 500A/2,000 mSec, transfer around 900 Joules
- Recommended 3,000 Joules per one-shot surge for high capacity
- Recommended 1,000 Joules per one-shot surge for medium capacity
- Maximum surge current
 - 80% of lightning strikes have intensity lower than 30 kA, safety factor = 5
 - Multiple operations generate aging in the protection unit
- Recommendation: 130kA for high capacity, 65kA for medium capacity

Rayvoss Product Selection Guide

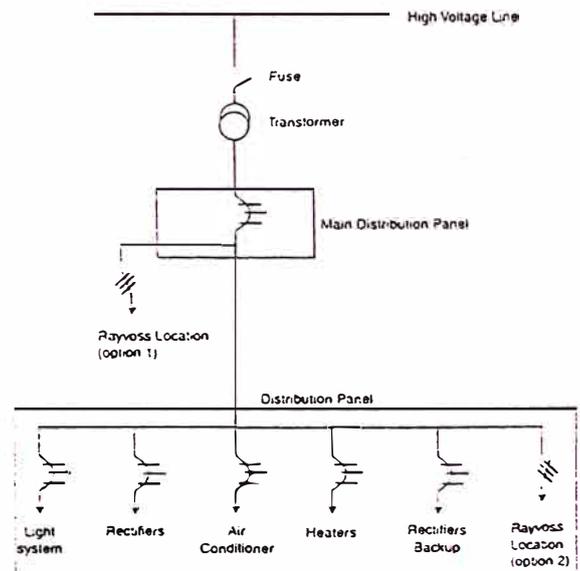
The following naming convention describes the Rayvoss product line:

RAYVOSS-Uc-1Y-C1-#



Rayvoss Installation Locations

Rayvoss can be installed in the main distribution panel, or in a distribution panel as shown in the following diagram.



Product Specifications

Rayvoss - General Product Information

Technology: High Capacity M.O.V
 Operation : From line and load
 Distribution Systems Alternatives: Multi Grounded Neutral, Uni-Grounded Neutral and Floating neutral
 Voltages Phase to Neutral: 110/120, 220/250, 277 and 350 volts
 Types: Single phase, two phase, and three phase
 Internal Connections: Optimized Low Impedance Copper Connections

Electrical Parameters

	Rayvoss Class 1	Rayvoss Class 2
Max Operating Surge Current kA (4/10)	130 kA	65 kA

Distribution Voltage 220/250 volts (phase to Neutral)

Protective Clamping Voltages for 8/20 surges

Phase to Neutral or Ground (Multi-Grounded Neutral and Uni-Grounded Neutral)

1.5 kA	700 volts	780 volts
3.0 kA	750 "	840 "
5.0 kA	780 "	915 "
10.0 kA	860 "	1,050 "
20.0 kA	950 "	1,280 "
40.0 kA	1,100 "	1,600 "

Protective Clamping Voltages for Switching Surges (2,000 microsec)

- phase to neutral or ground

500 A	620 volts	700 volts
1,000 A	660 volts	N/A

- phase to phase

500 A	1,240 volts	1,400 volts
1,000 A	1,320 volts	N/A

Switching Withstand (18 pulses, less than 3% aging)	1,000 A (2,000 microsec)	500 A (2,000)
---	--------------------------	---------------

Energy Handling Capability (18 shots with less than 5% degradation)	27,000 Joules	13,600 Joules
---	---------------	---------------

Distribution Voltage 110/120 volts (phase to Neutral)

Protective Clamping Voltages for 8/20 surges

Phase to Neutral (Multi Grounded Neutral and Uni Grounded Neutral)

1.5 kA	325 volts	380 volts
3.0 kA	335 "	433 "
5.0 kA	350 "	487 "
10.0 kA	390 "	536 "
20.0 kA	470 "	610 "
40.0 kA	600 "	700 "

Protective Clamping Voltages for Switching Surges (2,000 microsec)

- phase to neutral or ground

500 A	315 volts	352 volts
1,000 A	320 volts	N/A

- phase to phase

500 A	630 volts	704 volts
1,000 A	640 volts	N/A

Switching Withstand (18 pulses, less than 3% aging)	1,000 A (2,000 microsec)	500 A (2,000)
---	--------------------------	---------------

Energy Handling Capability (18 shots with less than 5% degradation)	14,000 Joules	6,800 Joules
---	---------------	--------------

Diagnostic Features

Standard: Power ON LEO, Protection ON LEO
 Optional: Surge Counters, Alarms, Remote Alarms
 Alarms: Fuse open, Protection Block shut down, Door Open, Power OFF

Raychem Corporation

8000 Purfoy Road
 Fuquay-Varina, NC 27526-9349
 Tel: 919.557.3900 Fax: 919.557.5404

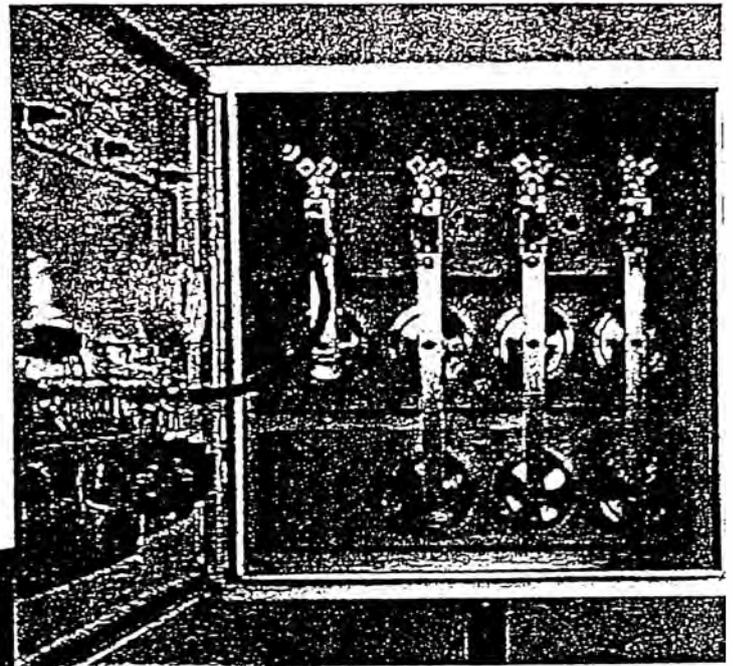
Rayvoss is a trademark of Raychem Corporation.

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, Raychem makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. Raychem's obligations shall be only as set forth in Raychem Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will Raychem be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of Raychem products should make their own evaluation to determine the suitability of each product for the specific application.

Transient Voltage Surge Suppressor for AC Power Lines

Rayvoss is designed to avoid...

- Damage caused by lightning strikes
- Loss of reliability in powered facilities in remote locations
- Damage to rectifiers caused by surges
- Switching surge voltage in industrial environments
- Equipment failures caused by ground potential rise (GPR)
- Loss of data files stored on electromagnetic media



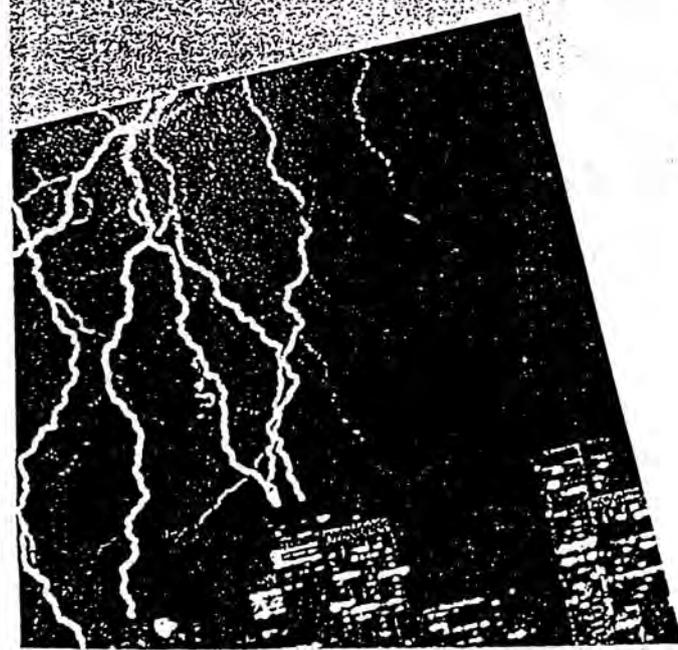
Protect your valuable electrical equipment and prevent data loss with Raychem's Rayvoss Transient Voltage Surge Suppressor system. Rayvoss offers superior protection through our innovative Hybrid Protector Block design. The product line offers a full range of protection devices designed to accommodate various protection modes, class capabilities, electric phases, and continuous operating voltages.

With Rayvoss, you are protected against utility-generated surges, such as those resulting from the normal operation of the utility provider's recloser and capacitor bank switches. Your equipment and data is also safe from internally generated surges, and from incoming surges from the grounding grid caused by lightning strikes, current short-circuits, and switching surges. Rayvoss offers the ultimate in surge protection technology, and meets the new UL-1449 standard.

Rayvoss can handle power surges up to 130kA. Two protector block designs are featured. Implementing Raychem's expertise in MOV technology, Rayvoss TVSS features include:

- Low clamping voltage (see details on page 4)
- High current impulse capacity (100 and 130 kA multipulse)
- Fast response to incoming surges through low impedance design
- High energy absorption capability (13,600 and 27,000 Joules)

The Rayvoss TVSS device is small, which makes it a good choice for maximizing the protection capabilities of your current facilities. Its reasonable price makes it the ideal solution for protecting your valuable electrical equipment. Sales information, training, support, and service are available from your local Raychem Sales Representative.



Rayvoss is an ideal solution for protecting:

- Rectifiers
- Wave Generators (DC to AC)
- UPS
- Air Conditioners/ Heaters
- Insulation Transformers

Unique Protection Performance

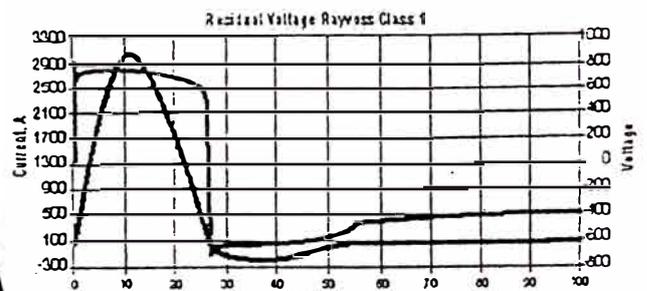
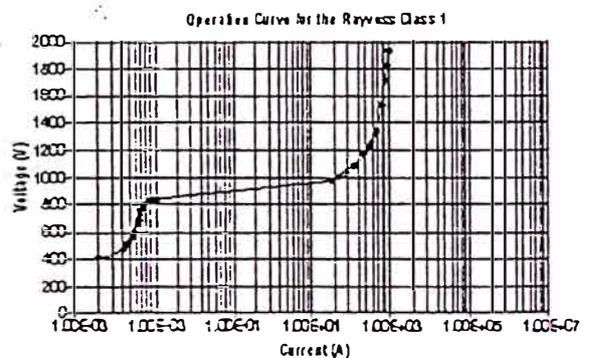
- New Protector Block design (patent pending)
- High Impulse Current capacity (100 and 130 kA)
- High Energy absorption capability (13,600 and 27,000 Joules)
- Fast response due to low impedance design
- Low Clamping Voltage (750 volts at 3 kA (8/20))
- See specifications on back page
- "Fail Safe" feature built into the protector block (patent pending)

Additional Product Features

- Proven technical claims: Raychem's High Voltage and Current Laboratory testing demonstrates Rayvoss' capacity.
- Much higher Surge Coordination Current up to 40 kA. The Fail-Safe feature allows Rayvoss to use higher capacity fuses.
- Small sizes allow retrofitting existing facilities with much greater protection capabilities, using the same space.
- Direct Training, Support and Technical Service available through Raychem's world-wide sales force.

Ceramic Semiconductor Raychem Technology

- High quality MOV design and packaging
- High Thermal Energy capacity design dissipates Electric Transient Energy
- Maximum current capacity manages direct strikes with minimal aging
- Customized Solutions (Alarms, Surge Counters, Diagnostics)
- Small sizes and high capacity to retrofit existing facilities





Rayvoss	Max. Operating Voltage (P/N) (volts)	Number Electric Phases	System Neutral Connection	Max. Surge Current	Protection Mode Available				Optional Surge Counters	Optional Remote Counter	Energy Absorption Capability	UL Rating (volts)
					P/N	P/G	N/G	P-P				
120-3Y-C1-7	150	3 or 1	wye	130KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14,000	300 v
120-3Y-C1-4	150	3 or 1	wye	130KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14,000	300 v
120-3Y-C2-7	150	3 or 1	wye	100KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6,800	300 v
120-3Y-C2-4	150	3 or 1	wye	100KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6,800	300 v
240-3Y-C1-7	280	3 or 1	wye	130KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	27,000	700 v
240-3Y-C1-4	280	3 or 1	wye	130KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	27,000	700 v
240-3Y-C2-7	280	3 or 1	wye	100KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14,000	700 v
240-3Y-C2-4	280	3 or 1	wye	100KA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14,000	700 v

Surge Counter

As an option you can request a surge counter feature that will help to evaluation of the electric condition on a specific site and the power quality.

Rayvoss will report everytime there is a significant voltage that force the StrikeSorb unit to operate. The counter will add "1" to the previous number.

Remote Alarms

As an option you can request the capability to receive a signal to trigger a remote alarm in a control system. Rayvoss will include normally open or normally close contact that can be wired into an alarm central system.

Options Specifications

XX

00: No optionals

01: Surge Counter

02: Remote alarm

03: Surge Counter and Remote Alarm

4X: Box Sealing Kit for 2/0 or 4/0 insulated copper strand wires

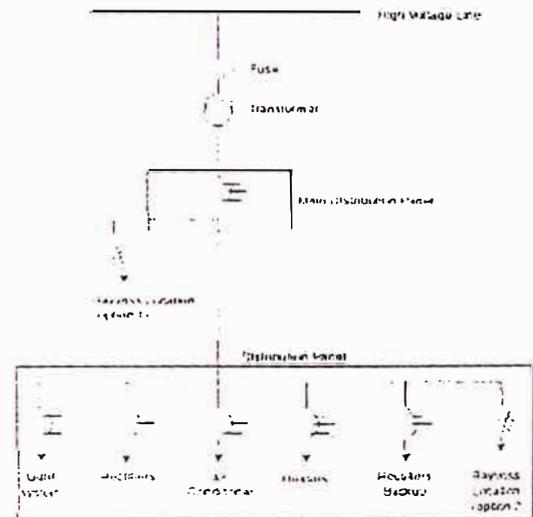
2X: Box Sealing Kit for 5/8 copper busbars

3X: Neutral connection kit, incoming from the bottom

1X: Includes 4X and 3X

Rayvoss Installation Locations

Rayvoss can be installed in the main distribution panel, or in a distribution panel as shown in the following diagram.



Notes:

1. Phase to phase is considered through the ground backplate or the neutral backplate.
2. If the electric system is floating neutral type please call Technical Representatives to help select product.

Rayvoss - General Product Information

Technology: High Capacity M.O.V
 Operation : From line and from the load
 Distribution Systems Alternatives: Multi Grounded Neutral, Uni-Grounded Neutral and Floating neutral
 Voltages Phase to Neutral: 110/120 and 220/250 volts
 Types: Single phase and three phase
 Internal Connections: Optimized Low Impedance Copper Connections

Electrical Parameters

	Class 1	Class 2
Max Operating Surge Current kA (4/10)	130 kA	100 kA
Equipment Size	20 x 20 inch	16 x 16 inch

Distribution Voltage 220/250 volts (phase to Neutral)

Protective Clamping Voltages for 8/20 surges
 Phase to Neutral or Ground (Multi-Grounded Neutral and Uni-Grounded Neutral)

	Class 1	Class 2
1.5 kA	720 volts	850 volts
3.0 kA	800 volts	910 volts
5.0 kA	900 volts	970 volts
10.0 kA	1,100 volts	1,270 volts
20.0 kA	1,400 volts	1,600 volts
40.0 kA	1,700 volts	1,900 volts

Protective Clamping Voltages for Switching Surges (2,000 microsec)

- phase to neutral or ground		
250 A	530 volts	705 volts
500 A	620 volts	740 volts
1,000 A	660 volts	N/A
- phase to phase		
250 A	1,060 volts	1,410 volts
500 A	1,240 volts	1,480 volts
1,000 A	1,320 volts	N/A

Switching Withstand (18 pulses, less than 5% aging) 1,000 A (2,000 microsec) 500 A (2,000)

Energy Handling Capability (18 shots with less than 5% degradation) 27,000 Joules 13,600 Joules

Diagnostic Features

Standard: Power ON LED, Protection ON LED
 Optional: Surge Counters, Alarms, Remote Alarms
 Alarms: Fuse open, Protection Block shut down, Door Open, Power OFF

	Class 1	Class 2
Max Operating Surge Current kA (4/10)	130 kA	80 A
Equipment Size	20 x 20 inch	16 x 16 inch
Distribution Voltage 110/120 volts (phase to Neutral)		

Protective Clamping Voltages for 8/20 surges
 Phase to Neutral (Multi Grounded Neutral and Uni Grounded Neutral)

	Class 1	Class 2
1.5 kA	325 volts	440 volts
3.0 kA	335 volts	495 volts
5.0 kA	350 volts	540 volts
10.0 kA	390 volts	620 volts
20.0 kA	470 volts	670 volts
40.0 kA	600 volts	810 volts

Protective Clamping Voltages for Switching Surges (2,000 microsec)

- phase to neutral or ground		
500 A	315 volts	352 volts
1,000 A	320 volts	N/A
- phase to phase		
500 A	630 volts	704 volts
1,000 A	640 volts	N/A

Switching Withstand (18 pulses, less than 5% aging) 1,000 A (2,000 microsec) 500 A (2,000)

Energy Handling Capability (18 shots with less than 5% degradation) 14,000 Joules 6,800 Joules



Raychem Corporation
 8000 Purfoy Road
 Fuquay-Varina, NC 27526-9349
 Tel: 919.557.8900 Fax: 919.557.5404
 www.raychem.com

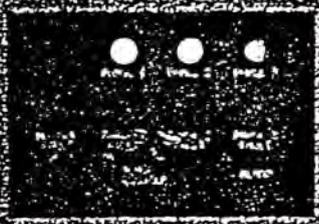
Rayvoss is a trademark of Raychem Corporation

Important: All information, including illustrations, is believed to be reliable. Users, however, should independently evaluate the suitability of each product for their application. Raychem makes no warranties as to the accuracy or completeness of the information, and disclaims any liability regarding its use. Raychem's only obligations are those in the Raychem Standard Terms and Conditions of Sale for this product, and in no case will Raychem or its distributors be liable for any incidental, indirect, or consequential damages arising from the sale, resale, use, or misuse of the product. Specifications are subject to change without notice. In addition, Raychem reserves the right to make changes—without notification to Buyer—to processing or materials that do not affect compliance with any applicable specification.

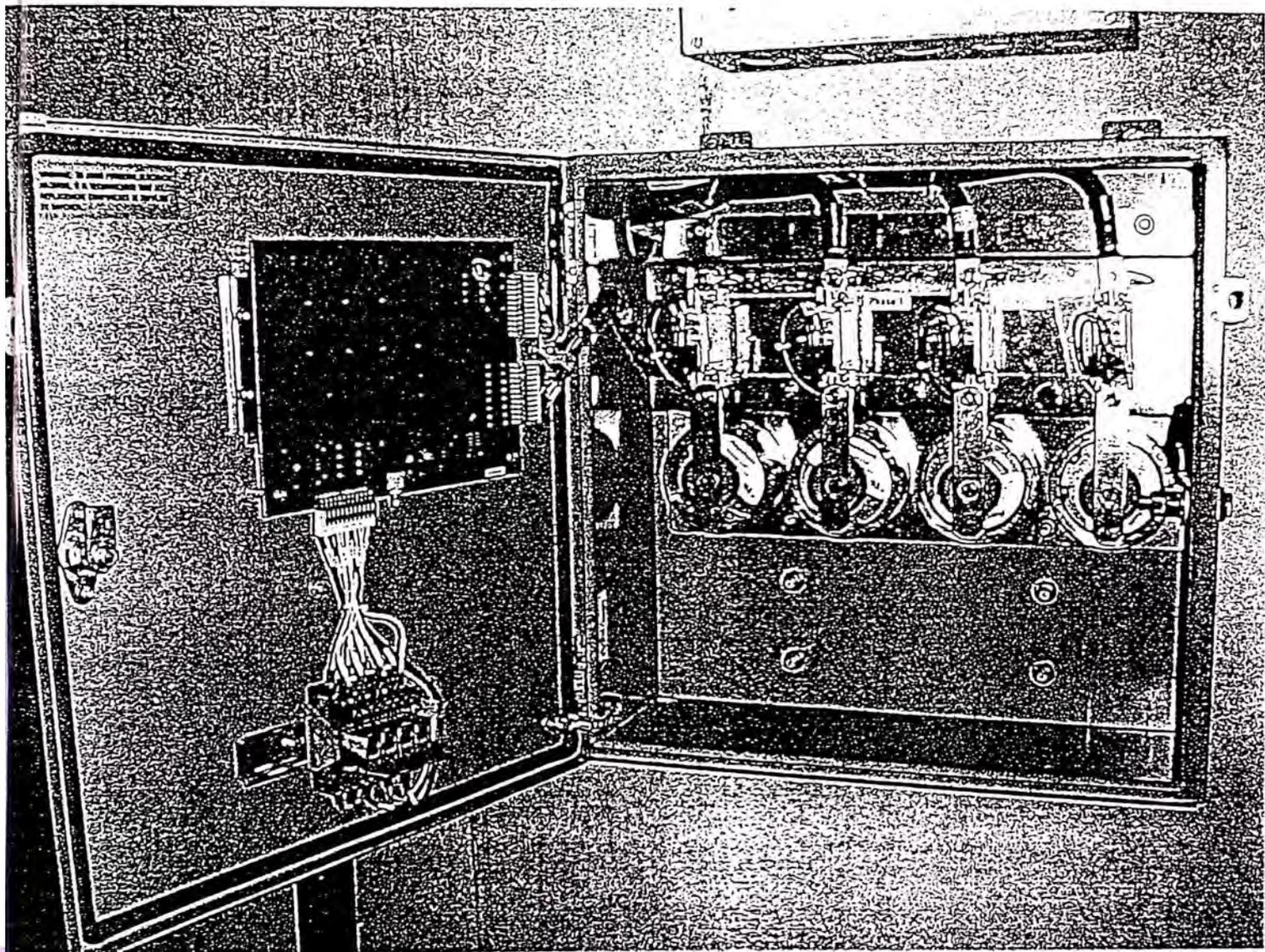
Raychem

Rayvoss

Transient Voltage
Surge Suppressor



DANGER
ELECTRICAL HAZARD
AUTHORIZED
PERSONNEL ONLY



COMPANY NAME _____
 PLANT _____
 RESPONSIBLE ENGINEER _____
 TELEPHONE _____
 FAX _____
 ADDRESS _____
 CITY _____

EQUIPMENT TO BE PROTECTED _____

NOMINAL SYSTEM VOLTAGE _____ Phase / Neutral= _____ volts
 Phase / Phase= _____ volts

FREQUENCY IN HERTZ : _____

MAX SYSTEM REGULATION _____ 5 % 10 % 15 %

ELEVATION OVER SEA LEVEL : _____ MT.

PROTECTION REQUIRED SINGLE PHASE THREE PHASE

MAXIMUM TIME TO CLEAR SHIORT CIRCUIT FOR THE GOOD PHASE
 WIHEN A PHASE MAKE SHIORT CIRCUIT TO GROUND : _____ SEC OR CYCLES

TYPE OF NEUTRAL CONNECTION TO GROUNDING GRID	Double Click
Multiple grounded Neutral System (MGN)	<input type="checkbox"/>
Uni grounded neutral System at grid (Unigrounded)	<input type="checkbox"/>
Impedance Grounded Neutral System	<input type="checkbox"/>
Isolated Grounded Neutral(Floating Neutral)	<input type="checkbox"/>

FUSE COORDINATION

FUSE/ BREAKER LOAD RATING (A) :

SELECT and FILL ONE :

- Short circuit, then immediate Fuse/ Circuit Breaker Operation After _____ Second
- Short Circuit, then Sustain failure to ground for _____ Minutes due to Impedance Neutral Grounding
- Failure to Ground, system can sustain _____ situation for _____ minutes due to floating Neutral Operation

System is protected again sustained AC overvoltage

Prospective current under supply fault conditions (Short Circuit Capacity) (Amps)

LOCATION OF THE FACILITY:

- At Transmission Tower equipment
- At Top of a Hill
- At City Downtown
- At Rural Area
- In a Valley

* KVA rating of the central office input (Transformer) _____ KVA

IS THE CUSTOMER LOOSING EQUIPMENT ? : Describe:

LOCATION FOR THE TVSS : Service Entrance Distribution Panel Just One Feeder Just one equipment

EQUIPMENT TO BE PROTECTED IS FEED : Phase and Neutral Phase and Phase 3 phases

REGARDING MAXIMUM SURGE OPERATING CURRENT, SELECT ONE OF THE FOLLOWING :

- 80 % Of the lighting Current is lower than 10 kA
- 80 % Of the lighting Current is lower than 20 kA
- 80 % Of the lighting Current is lower than 40 kA

REGARDING HOW CRITIC IS THE PROTECTED EQUIPMENT, PLEASE SELECT IMMUNITY (ANSI/IEEE C62.41)

- Very Critic Equipment , maximum peak value 800 volts for 120 volts. 1,500 volts for 220 volts
- Semi Critic Equipment , maximum peak value 1,500 volts for 120 volts. 2,500 volts for 220 volts
- General Equipment, maximum peak value 2,500 volts for 120 volts. 4,000 volts for 220 volts

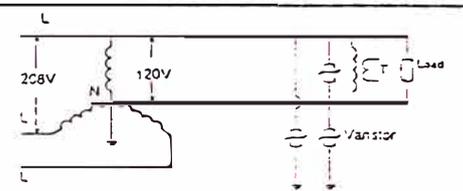
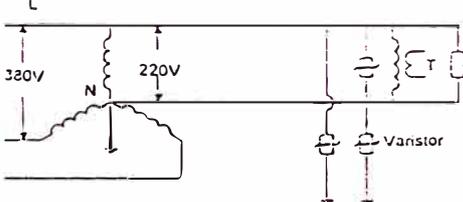
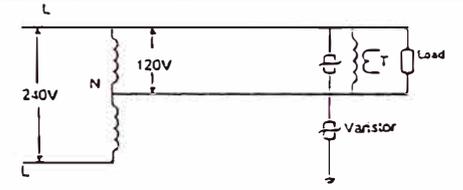
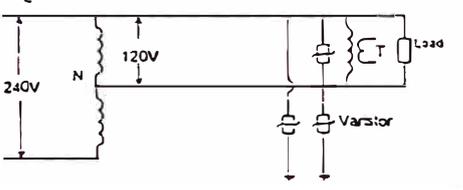
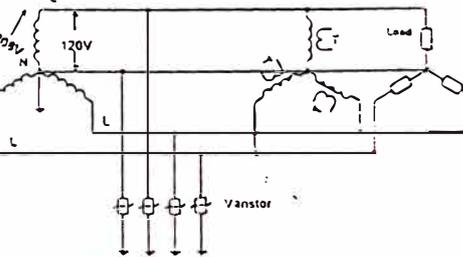
IS AN ELECTRIC UNILINEAL DRAWING AVAILABLE (Please send) Yes No

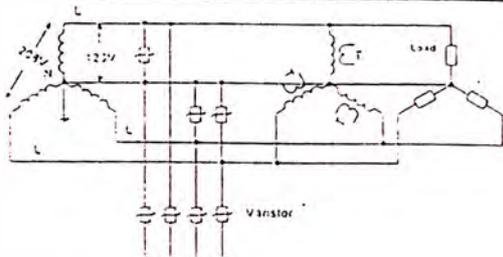
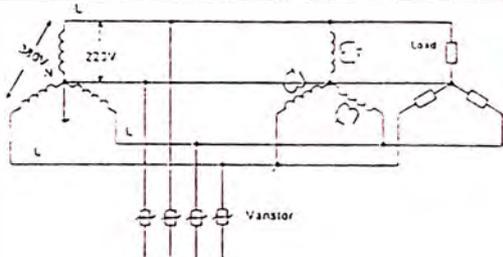
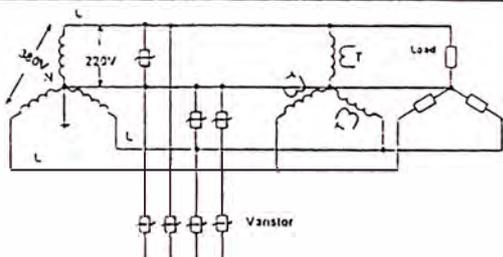
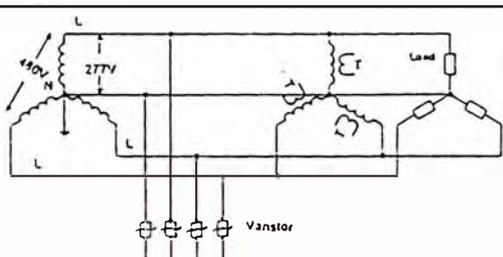
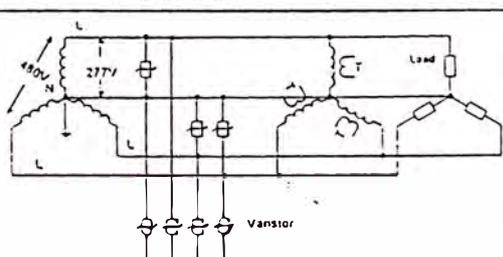
IS A LOCAL ELECTRICITY CODE OR PRACTICE (UL listed products, ANSI/IEEE, CSI, etc)

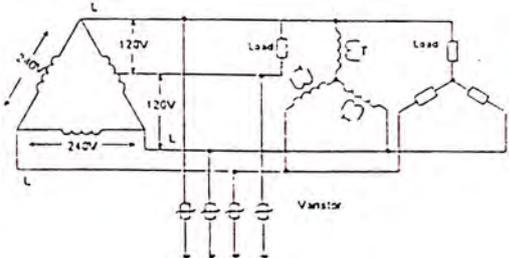
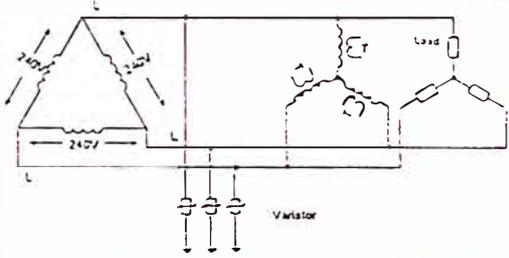
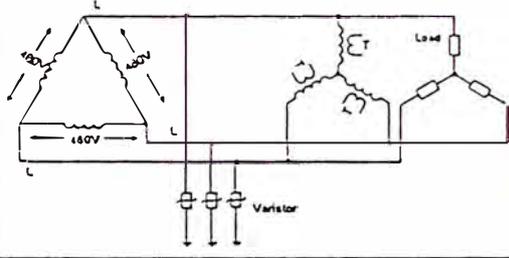
Product Selection Chart

May, 2000

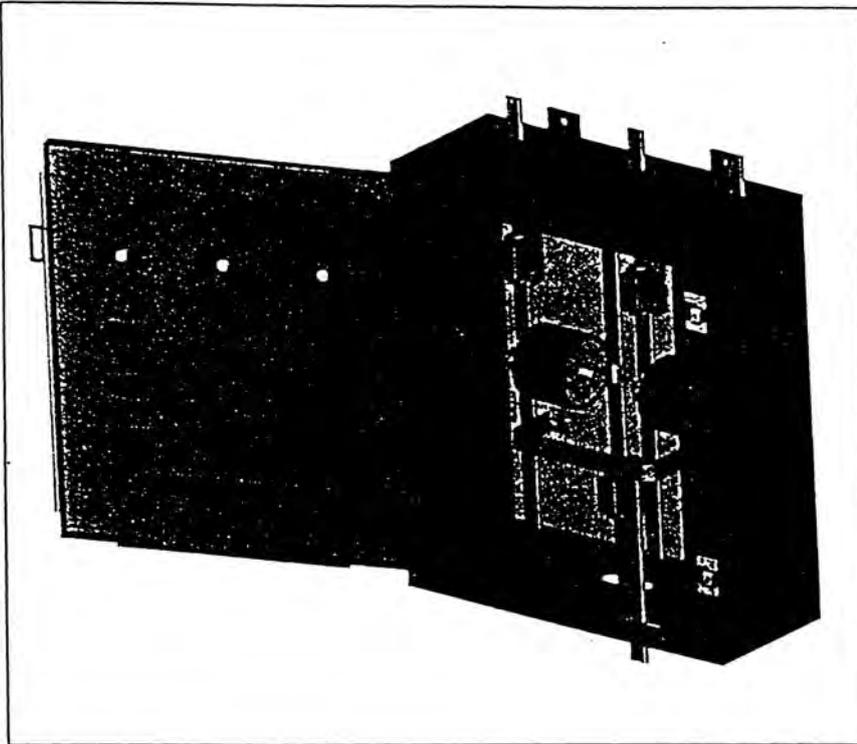
Rayvoss Product Matrix

Voltage	Circuit type	Protection mode	V_{p-n} / V_{p-p}	Description	Circuit diagram
120	1 Φ , 2 W + G	L-N, L-G, N-G	120/208	Rayvoss-120-1P-N1-2-03-A or Rayvoss-120-1P-N1-2-03-B	
220	1 Φ , 2 W + G	L-N, L-G, N-G	220/380	Rayvoss-240-1P-N1-2-03-B or Rayvoss-240-1P-N1-2-03-C	
120/240	Split phase, 3 W + G	L-N, N-G	120/240	Rayvoss-120-2S-N1-2-03-A or Rayvoss-120-2S-N1-2-03-B	
120/240	Split phase, 3 W + G	L-N, N-G, L-G	120/240	Rayvoss-120-2S-N1-3-03-A or Rayvoss-120-2S-N1-3-03-B	
120/208	3 Φ , Star, 4 W + G	L-G, N-G	120/208	Rayvoss-120-3Y-N1-4-03-A or Rayvoss-120-3Y-N1-4-03-B	

120/208	3 Φ , Star, 4 W + G	L-G, L-N, N-G	120/208	Rayvoss-120-3Y-N1-7-03-A or Rayvoss-120-3Y-N1-7-03-B	
220/380	3 Φ , Star, 4 W + G	L-G, N-G	220/380	Rayvoss-240-3Y-N1-4-03-B or Rayvoss-240-3Y-N1-4-03-D	
220/380	3 Φ , Star, 4 W + G	L-G, L-N, N-G	220/380	Rayvoss-240-3Y-N1-7-03-B or Rayvoss-240-3Y-N1-7-03-D	
277/480	3 Φ , Star, 4 W + G	L-G, N-G	277/350 or 277/480	Rayvoss-277-3Y-N1-4-03-C or Rayvoss-277-3Y-N1-4-03-D	
277/480	3 Φ , Star, 4 W + G	L-G, L-N, N-G	277/350 or 277/480	Rayvoss-277-3Y-N1-7-03-C or Rayvoss-277-3Y-N1-7-03-D	

220 phase to phase	3 Φ ,Delta, 4 W + G	L-G, CT-G	220 phase to phase	Rayvoss-120-3D-N1-4-03-B	
220 phase to phase	3 Φ ,Delta, 3 W + G	L-G	220 phase to phase	Rayvoss-120-3D-N1-4-03-B	
480 phase to phase	3 Φ ,Delta, 3 W + G	L-G	480 phase to phase	Rayvoss-277-3D-N1-4-03-D	

Transient Voltage Surge Suppressor



Protect your valuable electrical equipment and prevent data loss with Raychem's Rayvoss Transient Voltage Surge Suppressor system. Rayvoss offers superior protection in a reasonably priced solution through our innovative Hybrid Protector Block design. The product line offers a full range of protection devices designed to accommodate various protection modes, class capacities, electric phases, and continuous operating voltages.

Rayvoss Helps You Avoid...

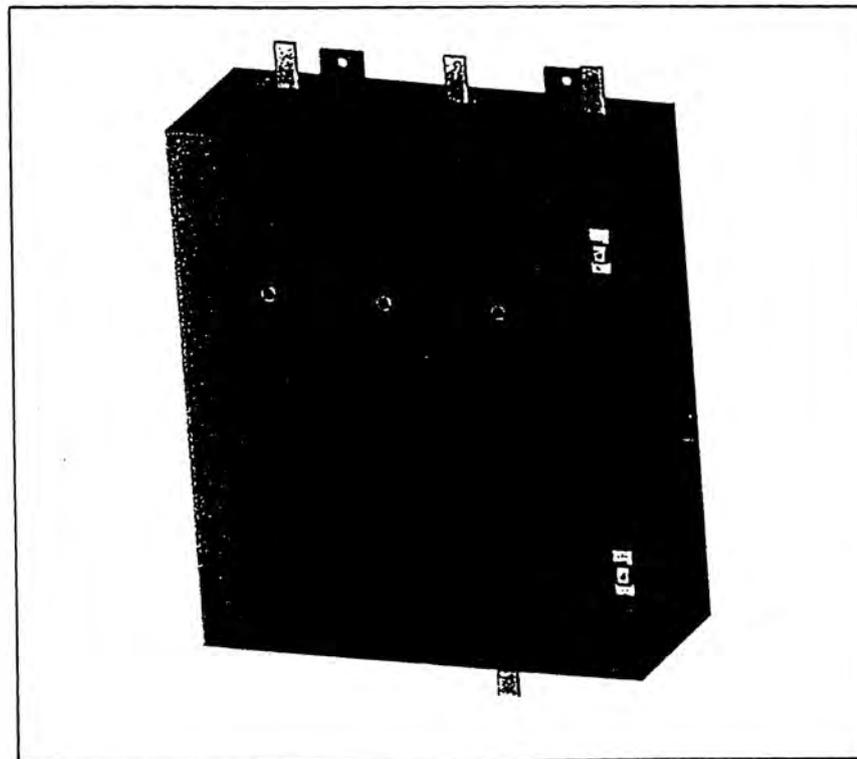
- Damage caused by lightning strikes
- Loss of reliability in powered facilities in remote locations
- Damage to rectifiers caused by surges
- Switching surge pollution in industrial environments
- Equipment failures caused by ground potential rise (GPR)
- Loss of data files stored on electromagnetic media

With Rayvoss, you are protected against utility-generated surges, such as those resulting from the normal operation of the utility provider's recloser and capacitor bank switches. Your equipment and data is also safe from internally generated surges, and from incoming surges from the grounding grid caused by lightning strikes, current short-circuits, and switching surges. Rayvoss offers the ultimate in surge protection technology, and meets the new UL-1449 safety standard.

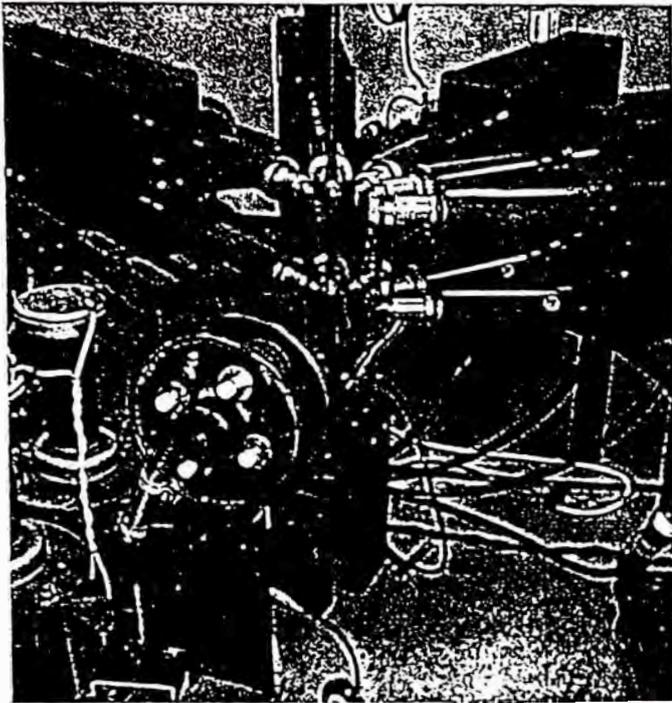
Rayvoss can handle power surges up to 130kA. Two protector block designs (high-capacity and medium capacity) are featured, implementing Raychem's expertise in MOV technology. Rayvoss' TVSS features include:

- Low clamping voltage (see specification)
- High current impulse capacity (65 and 130 kA)
- Fast response to incoming surges through low-impedance design
- High energy absorption capability (13,600 and 27,000 Joules)

The Rayvoss TVSS device is very small, which makes it a good choice for maximizing the protection capabilities of your current facilities. Its reasonable price makes it the ideal solution for protecting your valuable electrical equipment. Sales information, training, support, and service are available from your local Raychem Sales Representative.



Rayvoss Solution



Rayvoss is an ideal solution for protecting:

- Rectifiers
 - Switch Mode
 - Thyristor
 - Diode bridge
- Wave Generators (DC to AC)
 - Diode Bridge
- UPS
 - Thyristor
 - Switch mode
- Air Conditioners/ Heaters
 - Heavy Duty Class
- Insulation Transformers
 - Extra-Insulation Class
 - Ferrorresonant

Unique Protection Performance

- New Hybrid Protector Block design (patented)
 - High Impulse Current capacity (65 and 130 kA)
 - High Energy absorption capability (13,600 and 27,000 Joules)
 - Fast response due to low impedance design
 - Low Clamping Voltage (750 volts at 3 kA (8/20))
See specifications on back page
- "Fail Safe" feature built into the protector block (patented)

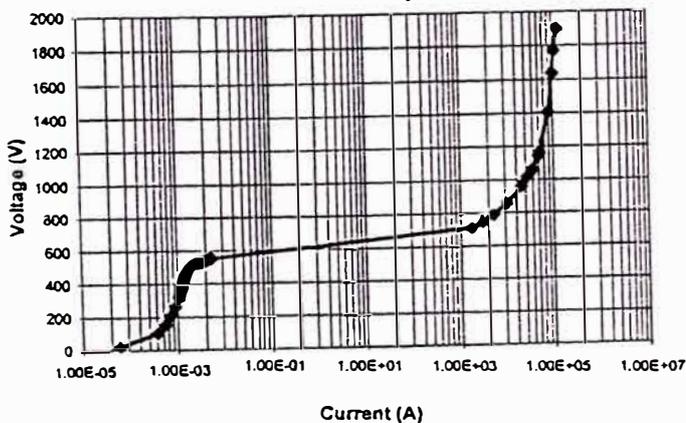
Additional Product Features

- Proven technical claims: Raychem's High Voltage and Current Laboratory testing demonstrates Rayvoss' capacity.
- Much higher Surge Coordination Current up to 40 kA. The Fail-Safe feature allows Rayvoss to use higher capacity fuses.
- Small sizes allow retrofitting existing facilities with much greater protection capabilities, using the same space.
- Direct Training, Support and Technical Service available through Raychem's world-wide sales force.

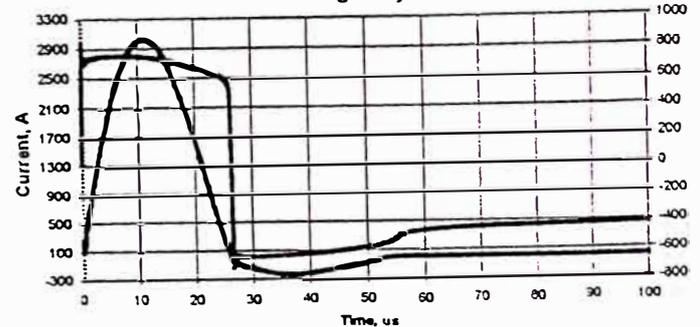
Ceramic Semiconductor Raychem Technology

- High quality MOV design and packaging
- High Thermal Energy capacity design dissipates Electric Transient Energy
- High maximum current capacity manages direct strikes with minimal aging
- Customized Solutions (Alarms, Surge Counters, Diagnostics)
- Small sizes and high capacity for retrofit applications

Operation Curve for the Rayvoss Class 1



Residual Voltage Rayvoss Class 1



Selecting the Right Rayvoss Product for Your Needs

Electrical Parameters

- Single or three-phase application
 - Neutral connection
 - Multigrounded neutral
 - Unigrounded neutral
 - Impedance grounded
 - Floating neutral
 - Definition of utility link
 - Aerial connection (Medium voltage or LV)
 - Underground connection (MV or LV)
 - Grounding grid quality and resistance
- Definition of class equipment (ANSI/IEEE-C62.45)
- Class C (Options C2 and C3)
 - Coordination with other protectors
 - Protection at the service entrance (utility)
 - Energy absorption capacity
 - Capacity to handle direct strikes
 - Poor grounding grid requires a higher capacity
 - Class B (Options B2 and B3)
 - Focus to protect a main Electric feeder
 - Coordination with other protectors
 - Class A (Options A2 and A3)
 - Focus on protecting one specific piece of equipment
 - Clamping voltage
 - Protected value

Voltage Clamping - Check Safety Factor (over 30%) for 3 kA (8/20)

- Critical equipment immunity
 - for 120v nominal, 800 volts peak transient
 - for 240v nominal, 1,500 volts peak transient
- Applications
 - Switching and transmission
 - Rectifiers (from thyristors to switchmode tech. (SMR))
 - Power inverters (switch mode)
 - Program Logical Controllers (PLC)
- Semi-critical equipment
 - for 120v nominal, 1,500 volts peak transient
 - for 240v nominal, 2,500 volts peak transient
 - UPS and portable equipment
 - Air conditioners and heaters
- General Equipment
 - for 120v nominal, 2,500 volts peak transient
 - for 240v nominal, 4,000 volts peak transient
 - Insulator transformers

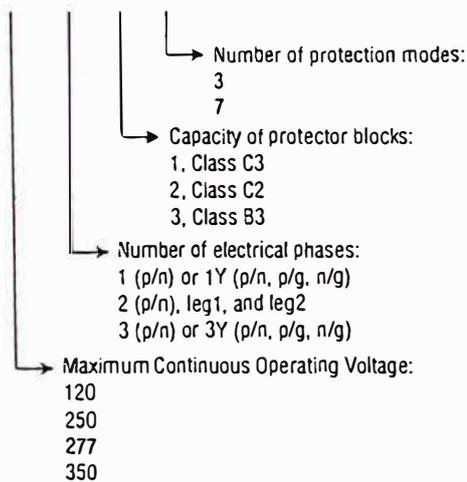
Energy Handling Capability and Maximum Surge Current

- Transient Voltage Energy: All the energy in the system is transferred to ground by the TVSS
 - 80 Joules per pulse of lightning (up to 20 pulses)
 - Capacitor bank of 600 KVAR (average) stores up to 740 Joules
 - Switching wave of 500A/2,000 mSec, transfer around 900 Joules
- Recommended 3,000 Joules per one-shot surge for high capacity
- Recommended 1,000 Joules per one-shot surge for medium capacity
- Maximum surge current
 - 80% of lightning strikes have intensity lower than 30 kA, safety factor = 5
 - Multiple operations generate aging in the protection unit
- Recommendation: 130kA for high capacity, 65kA for medium capacity

Rayvoss Product Selection Guide

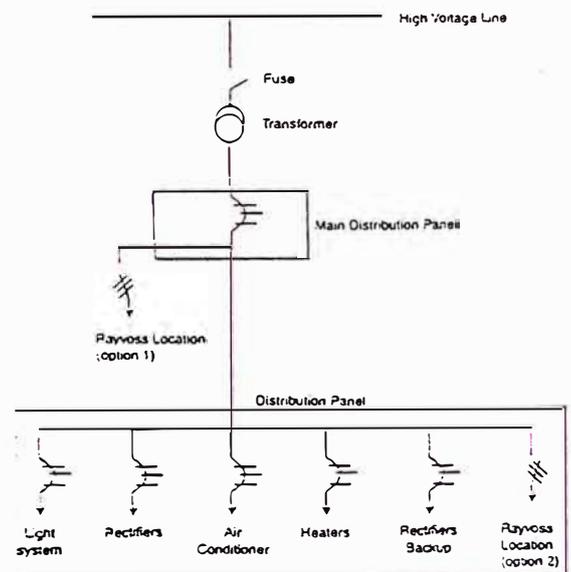
The following naming convention describes the Rayvoss product line:

RAYVOSS-Uc-1Y-C1-#



Rayvoss Installation Locations

Rayvoss can be installed in the main distribution panel, or in a distribution panel as shown in the following diagram.



Product Specifications

Rayvoss - General Product Information

Technology: High Capacity M.O.V
 Operation : From line and load
 Distribution Systems Alternatives: Multi Grounded Neutral, Uni-Grounded Neutral and Floating neutral
 Voltages Phase to Neutral: 110/120, 220/250, 277 and 350 volts
 Types: Single phase, two phase, and three phase
 Internal Connections: Optimized Low Impedance Copper Connections

Electrical Parameters

	Rayvoss Class 1	Rayvoss Class 2
Max Operating Surge Current kA (4/10)	130 kA	65 kA

Distribution Voltage 220/250 volts (phase to Neutral)

Protective Clamping Voltages for 8/20 surges

Phase to Neutral or Ground (Multi-Grounded Neutral and Uni-Grounded Neutral)		
1.5 kA	700 volts	780 volts
3.0 kA	750 "	840 "
5.0 kA	780 "	915 "
10.0 kA	860 "	1,050 "
20.0 kA	950 "	1,280 "
40.0 kA	1,100 "	1,600 "

Protective Clamping Voltages for Switching Surges (2,000 microsec)

- phase to neutral or ground		
500 A	620 volts	700 volts
1,000 A	660 volts	N/A
- phase to phase		
500 A	1,240 volts	1,400 volts
1,000 A	1,320 volts	N/A
Switching Withstand (18 pulses, less than 3% aging)	1,000 A (2,000 microsec)	500 A (2,000)
Energy Handling Capability (18 shots with less than 5% degradation)	27,000 Joules	13,600 Joules

Distribution Voltage 110/120 volts (phase to Neutral)

Protective Clamping Voltages for 8/20 surges

Phase to Neutral (Multi Grounded Neutral and Uni Grounded Neutral)			
1.5 kA	325 volts	380 volts	
3.0 kA	335 "	433 "	
5.0 kA	350 "	487 "	
10.0 kA	390 "	536 "	
20.0 kA	470 "	610 "	
40.0 kA	600 "	700 "	

Protective Clamping Voltages for Switching Surges (2,000 microsec)

- phase to neutral or ground		
500 A	315 volts	352 volts
1,000 A	320 volts	N/A
- phase to phase		
500 A	630 volts	704 volts
1,000 A	640 volts	N/A
Switching Withstand (18 pulses, less than 3% aging)	1,000 A (2,000 microsec)	500 A (2,000)
Energy Handling Capability (18 shots with less than 5% degradation)	14,000 Joules	6,800 Joules

Diagnostic Features

Standard: Power ON LED, Protection ON LED
 Optional: Surge Counters, Alarms, Remote Alarms
 Alarms: Fuse open, Protection Block shut down, Door Open, Power OFF

Raychem Corporation
 8000 Purfoy Road
 Fuquay-Varina, NC 27526-9349
 Tel: 919.557.8900 Fax: 919.557.5404

Rayvoss is a trademark of Raychem Corporation

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, Raychem makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. Raychem's obligations shall be only as set forth in Raychem's Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will Raychem be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of Raychem products should make their own evaluation to determine the suitability of each product for the specific application.

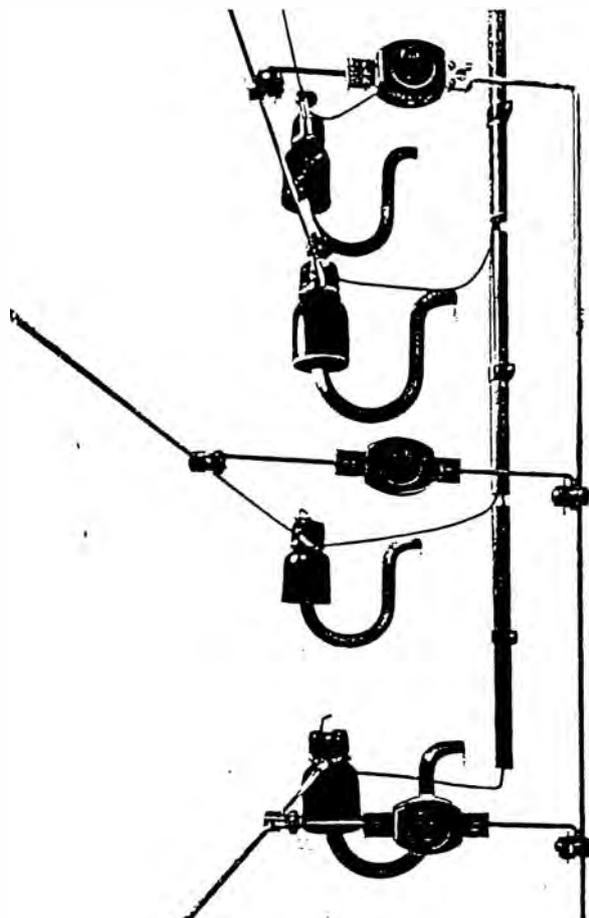
Lightning arresters type RV 0.44 and RV 0.66

for indoor and outdoor installation
for a.c. systems 40 to 60 Hz

Rated voltage	440 and 660 V
Rated discharge current (peak value)	5 kA
Impulse current withstand (peak value)	30 kA
Long duration discharge capacity (peak value)	75 A, 1000 μ s

available from stock

Publication No. CH-A 094 511 E
Supersedes CH-A 009 511 E



Application

All electrical installations fed through overhead transmission lines are endangered by overvoltages, especially by lightning. Overvoltages of this kind occur at greatly differing levels and current intensities.

Even slight overvoltages, for instance, may damage the coils of kilowatt-hour meters, causing them to record less energy without the fault being detected. Lightning striking nearby may cause serious damage to all installations and even cause fires. Surge arresters provide reliable protection against these hazards. Even when subjected to overload in extreme cases only the arrester will be affected. No damage will be caused to the installation itself.

The surge arrester type RV can later be simply and quickly mounted by hand on any two or multiple phase transmission line terminal. These arresters give years of maintenance-free service even under frequent sparkover conditions.



Design

The surge arrester type RV contains a spark gap composed of two metal plates, which are connected in series with a non-linear resistor. The active part is embedded in cast resin. Thickly nickel-plated connections on each side and accessories enable a reliable, weatherproof connection to be made to round conductors or flat distributor bars.

These arresters conform to IEC recommendations and other important regulations.

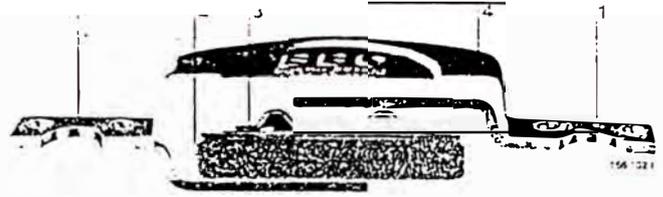


Fig. 1. Sectional view of lightning arrester type RV 0.44

- 1 Terminal flags
- 2 Resistor block with non-linear characteristic made of silicon carbide, with contact plates on each side
- 3 Spark-gap with plate electrodes and mica spacers
- 4 Housing of moulded resin

Guaranteed performance data

Type RV	Highest permissible service voltage at the arrester terminals ①	Min. power frequency sparkover voltage (r.m.s.)	Max. 100% impulse sparkover voltage 1.2/50 μs (peak value)	Max. front-of-wave sparkover voltage (peak value)	Max. residual voltage with 8/20 μs wave and discharge			
					2500 A (peak value)	5000 A (peak value)	10000 A (peak value)	20000 A (peak value)
	V	V	V	V	V	V	V	V
0.44	440	1000	2200	2650	1910	2200	2530	2840
0.66	660	1300	3300	4000	2870	3300	3800	4260

① Reseal voltage according to IEC

Fig. 2

Dimension drawing

Net weight: 0.2 kg

Dimensions in mm

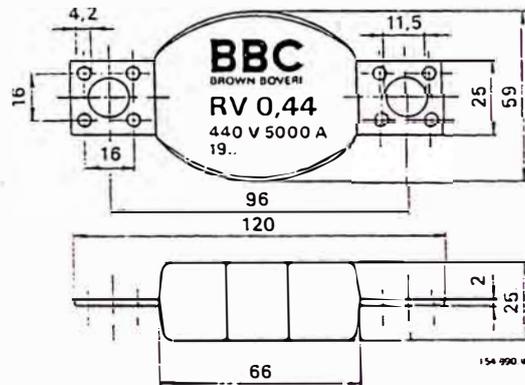
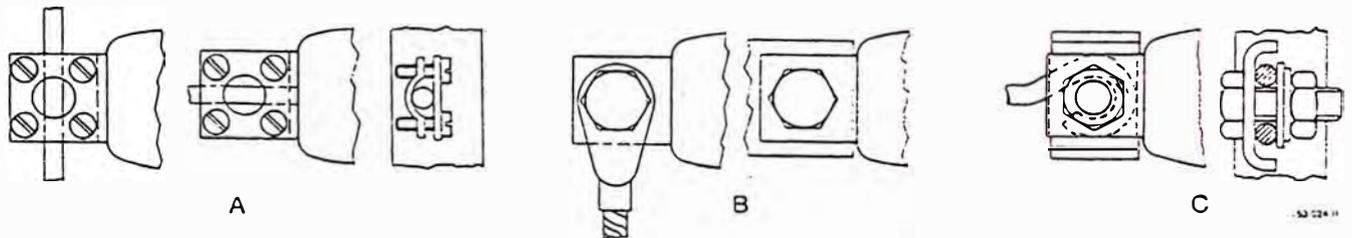


Fig. 3: Kinds of installations



Installation and accessories (Fig. 3)

Special mounting accessories can be dispensed with as the light weight of the arresters enables them to be held in any desired position by their connections. It is not necessary to take polarity into account when providing the connection. The following connection accessories are available:

A:

2 clamping plates, nickel-plated, with 8 screws as shown in Fig. A for connecting to round conductors of 4 to 12 mm dia. Standard accessories.

B:

2 bolts with nuts and washers, galvanized, for connecting to flange bars or cables.

C:

2 bolts and nuts, steel galvanized, clamps and washers, rust-free, for outdoor connection to round conductors of 4 to 15 mm dia.

The accessories are packed in small bags together with directions for assembly.

BBC
BROWN BOVERI

BBC Brown, Boveri & Company, Ltd., CH-5401 Baden / Switzerland

Division A

Printed in Switzerland (7906-3200-0)
Classification No. 040501

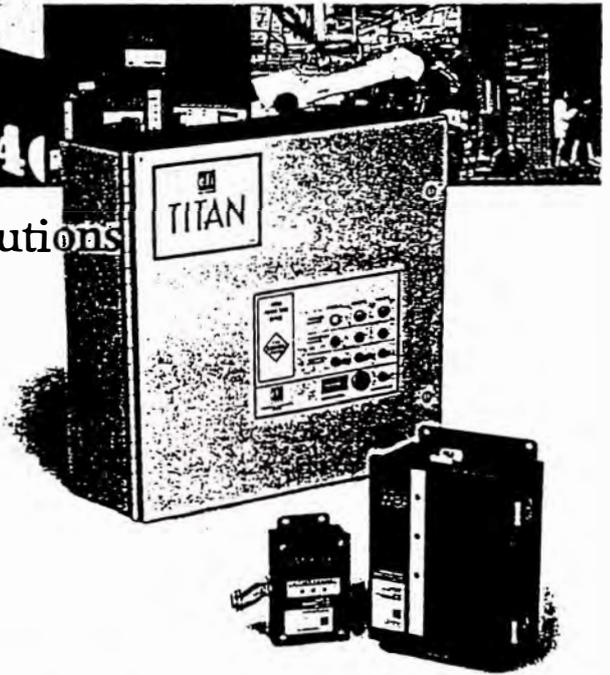
EFI ELECTRONICS

Industrial Power Quality Solutions

Surge protection for
industrial, construction, and
medical electronics applications



Unrivaled Power Quality Solutions



Titan

Titan provides engineer specified full-facility power protection

To compete effectively, businesses and institutions must improve productivity. The key to productivity gains is employing new technology to meet customer, vendor or user requirements. Therefore, today's construction engineers, electrical contractors, architects and other specifying professionals such as facilities planners and maintenance personnel, are faced with increased power quality and availability demands.

Industrial, commercial, service and government facilities are dramatically increasing computer, computer-related (switching systems, factory automation tools, etc.) and sophisticated integrated circuit devices such as CAT scan systems, radar and emergency communications systems. In addition, specifying engineers must protect valuable assets from weather-related power disturbances as well as industrial-based power distur-

bances that are increasing on an ever more frequent basis.

The Titan surge suppression product line includes Service Entrance, Branch Panel and Construction Retrofit models. All Titan systems are configured according to

specifications provided by the specifying engineer including voltages, surge current rating, module type, diagnostics, and enclosure definition and construction.

Titan SE

These multi-phase, panel-mounted surge protection devices provide maximum line protection for service entrance, unit sub-station and power distribution units. All Titan SE models can be configured up to 480,000 Amps surge current capacity per phase. Series (Kelvin) connections accommodate loads up to 150 Amps.



Titan BP

The Titan Branch Panel is a multi-phase surge protection device that provides maximum line protection for large individual loads and speed/motion drives and loads from externally generated surges. The BP provides maximum surge protection of 200,000 Amps surge current capacity per phase. Series (Kelvin) connections are designed for loads up to 100 Amps. Titan BP units may be connected with up to #2 AWG wire in parallel and series connections.



Titan CR

Titan Construction Retrofit panels are multi-phase surge protection devices that provide maximum line surge protection of 150,000 Amps surge current capacity per phase. Series (Kelvin) connections are designed for loads up to 30 Amps. Titan CR units may be connected with up to #10 AWG wire in parallel and series connections.



LA-LINEMASTER SERIES

APPLICATIONS

The LineMaster product line is manufactured in a wide range of ratings (80kA to -480kA) to protect service entrance electrical panels as well as distribution panels feeding sensitive electronic equipment. From telecommunications, remote cell sites and transmitters to data centers, hospitals and industrial controls, the LineMaster will protect the most sensitive electronic equipment and prevent unexpected failure and downtime.

SUPERIOR PERFORMANCE

The LineMaster products utilize a hybrid circuit called Sine Wave Tracker™ which attenuates transients at any point of the sine wave. These suppressors also act as EMI/RFI electrical noise filters. They have been designed and tested using the ANSI/IEEE C62.41 standards and recommendations.

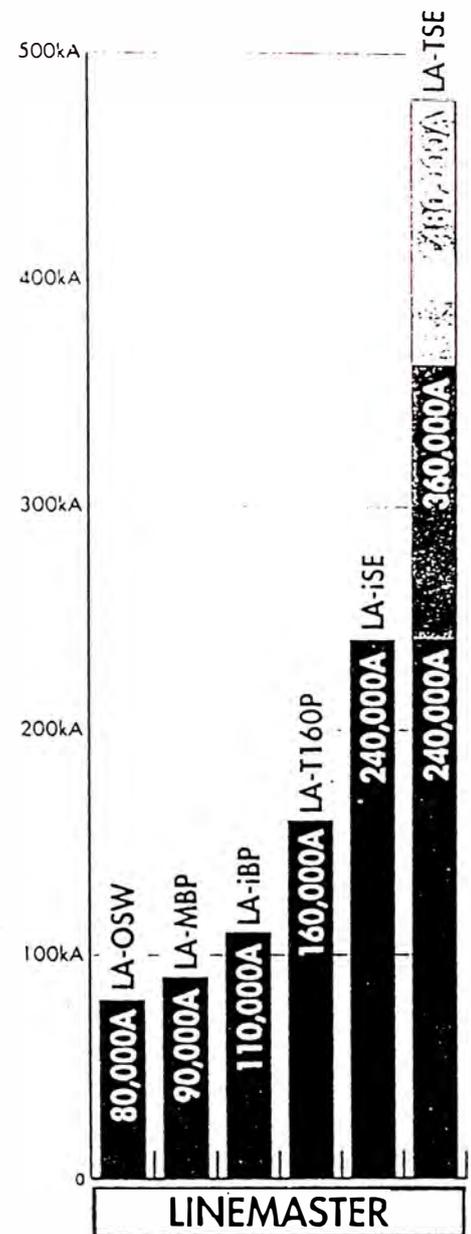
SAFETY

These products have been designed for both maximum protection as well as maximum safety and meet the requirements of UL, cUL and CE. The cabinets are both NEMA 1 (LA-iBP and LA-OSW) and NEMA 12 (LA-MBP, LA-iSE, LA-T160P and LA-TSE) cabinets.

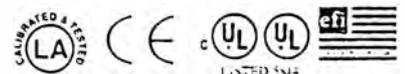
EASY INSTALLATION

All LineMaster models are very easy to install in your electrical panel. They offer LED status indicator lights that display the status of the TVSS protection. The LA-iSE, LA-TSE and the LA-T160P have a modular design that will facilitate maintenance requirements and a rugged bus bar design for improved protection and reliability.

Model	Capacity	EMI/RFI Noise Rejection		Response Time	Dimensions (in) H x L x W	Weight
LA-TSE	240kA	-54dB	-20dB	<1ns	20 x 24 x 8	52 lbs
LA-TSE	360kA	-54dB	-20dB	<1ns	24 x 24 x 8	65 lbs
LA-TSE	480kA	-54dB	-20dB	<1ns	30 x 24 x 8	78 lbs
LA-iSE	240kA	-54dB	-20dB	<1ns	25.27 x 16.54 x 6.3	46.3 lbs
LA-T160P	160kA	-54dB	-20dB	<1ns	4.7 x 16.2 x 10	17 lbs
LA-iBP	110kA	-54dB	-20dB	<1ns	10.51 x 8.98 x 3	7.5 lbs
LA-MBP	90kA	-54dB	-20dB	<1ns	10.51 x 9.98 x 3	9.08 lbs
LA-OSW	80kA	-40dB	-	<5ns	6.3 x 4.25 x 2.36	6.24 lbs



EFI Electronics Corporation
 1751 South 4800 West
 Salt Lake City, Utah 84104
 Tel: 1-800-877-1174 • Fax: 1-801-977-3474



For company and product information, please visit
www.efinet.com



LA-LINEMASTER™ OMNI-PHASE

80,000 Amp Panel Protection

The LA-LineMaster Omni-Phase Surge Protection Device (SPD) is an economical method of protecting electronic equipment in light commercial, light industrial and residential environments. Its light weight and compact design allows it to be installed on a service panel or directly to the sensitive equipment requiring protection.



Adapted for International Applications

APPLICATIONS

Initially designed and manufactured for installation on branch panels and sensitive electronic equipment, the Omni-Phase has been successfully installed on main service panels in residential, light commercial and light industrial applications. The Omni-Phase is an excellent addition to an EFI Electronics cascaded suppression filter system when it is installed at the branch panel and/or load.

SUPERIOR PERFORMANCE

The LA-LineMaster Omni-Phase incorporates a hybrid Sine Wave Tracker™ (LA-OSW only) suppression circuit capable of delivering over 80,000 amps of surge current protection. The Omni-Phase provides high energy transient protection and has survived a pulse life test of 2,500 ANSI surges without clamping drift. The Omni-Phase provides protection in all modes L-N, L-L, L-G, and N-G along with noise filtration up to -40 dB (LA-OSW only).

SAFETY

The LA-LineMaster Omni-Phase provides safe and reliable operation by incorporating EFI's latest safety developments. Each MOV is individually fused and the product is contained in a NEMA 1 metallic housing for maximum safety. The Omni-Phase has been tested and listed by UL and cUL.

EASY INSTALLATION

The LA-LineMaster Omni-Phase mounts directly to the panel through a direct nipped connection. The Omni-Phase allows easy mounting near the circuit breaker in order to reduce connecting leads and improve performance.

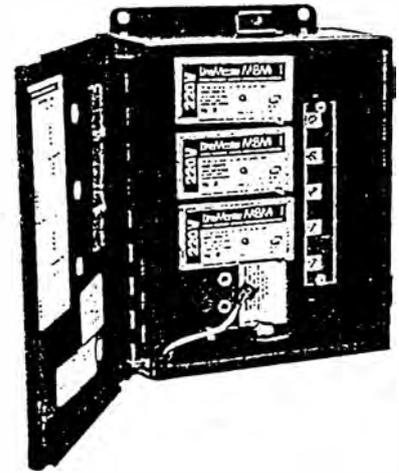
FEATURES	ADVANTAGES	BENEFITS
Compact Design	Easily and quickly mounts to sensitive equipment or power panels	Improves quality of protection
Green Status LED	Continuous monitoring of TVSS status	Customer has the assurance of protection at all times
80,000 Peak Amp Surge Current Capacity	Provides protection against nearby high energy lightning strikes	Keeps valuable electronic equipment safe from the most damaging surge conditions
Parallel Installation	Can be replaced without turning power off to the equipment when connected through a circuit breaker	Allows maintenance without interrupting operation of equipment



LA-LINEMASTER™ MBP

90,000 Amp Branch Panel Protection

The LineMaster LA-MBP panel is a high-performance surge suppression device designed to protect branch panels as well as critical loads used in industrial, commercial, and medical environments.



APPLICATIONS

Initially designed and manufactured for installation on main branch panels, the LA-MBP has also been used on commercial and light industrial main service panels. The LA-MBP suppressor provides state-of-the-art protection for multi-phase applications. The LA-MBP's 90,000 Amp surge current capacity protects equipment from L-N and N-G (optional) surge currents and transient voltages. The LA-MBP represents an excellent complement to an EFI Electronics cascaded suppression filter system.

SUPERIOR PERFORMANCE

The LineMaster LA-MBP utilizes a hybrid Sine Wave Tracker™ suppression circuit in individual replaceable modules. The LA-MBP not only provides transient protection but also up to -40 dB noise filtration. The LA-MBP panels have passed a pulse life test of 2,500 ANSI surges without clamping drift.

SAFETY

The LineMaster LA-MBP provides safe and reliable operation by incorporating EFI's latest safety developments. Each MOV is individually fused and the product is contained in a NEMA 12 metallic housing for maximum safety. The LA-MBP has been tested and listed by UL and cUL.

EASY INSTALLATION

The LineMaster LA-MBP easily mounts adjacent to any panel board. Its compact design allows the LA-MBP to be mounted near the circuit breaker in order to reduce connecting leads and improve performance.

Operating status lights are conveniently observed through the front cover.

FEATURES	ADVANTAGES	BENEFITS
LED Suppression Status Indicator Per Phase	Provides visual indication of the suppressor's status	Allows immediate response if suppressor is damaged
90,000 Peak Amp Capacity	Protects against nearby high-energy lightning strikes	Protects sensitive electronic equipment at all times, even during lightning storms
Sine Wave Tracker Circuitry	Provides a tight clamping window above and below the AC sine wave	Ensures superior protection from transient voltages
Modular Design	Enables user to replace without turning power off	Allows service and maintenance without interrupting operation

For company and product information, please visit www.efinet.com

Designed for industrial applications

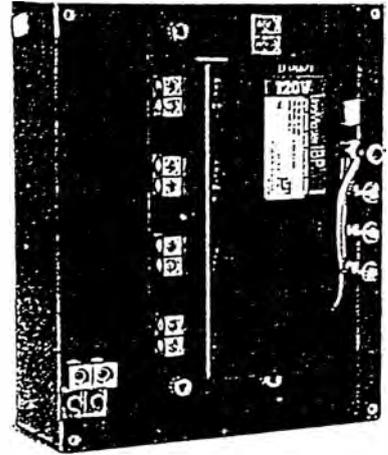


LA-LINEMASTER™ iBP

110,000 Amp Branch Panel Protection

Adapted for
Industrial
Applications

The LineMaster LA-iBP panel is a high performance surge suppression device designed to protect branch panels as well as extremely critical loads in industrial, commercial and medical environments.



APPLICATIONS

Initially designed and manufactured for installation on branch panels, the LA-iBP has also been used on commercial and light-industrial main service panels. In addition, the LA-iBP can be installed in series (Kelvin) for sensitive loads up to 100 amperes and is an excellent component to an EFI Electronics cascaded suppression filter system.

SUPERIOR PERFORMANCE

The LA-iBP utilizes a hybrid Sine Wave Tracker™ suppression circuit in a replaceable three-phase module. The LA-iBP provides not only transient protection but also up to -54 dB noise filtration. The LA-iBP panels have passed a pulse life test of 5,000 ANSI surges without clamping drift. Its 110,000 Amp surge current capacity protects equipment from L-L, L-N, L-G and N-G surge currents and transient voltages.

SAFETY

The LineMaster LA-iBP provides safe and reliable operation by incorporating EFI's latest safety developments. Each MOV is individually fused and the product is contained in a NEMA 1 metallic housing for maximum safety. The LA-iBP has been tested and listed by UL and cUL.

EASY INSTALLATION

The LineMaster LA-iBP easily mounts adjacent to any panel board. Its compact design allows the LA-iBP to be mounted near the circuit breaker in order to reduce connecting leads and improve performance. Operating status lights are conveniently observed through the front cover.

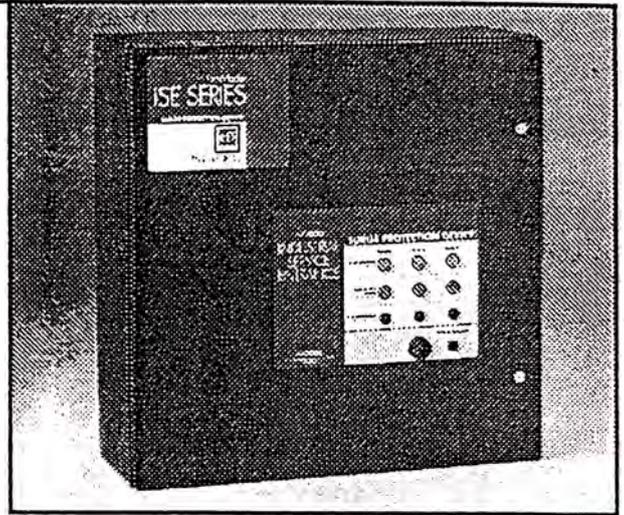
FEATURES	ADVANTAGES	BENEFITS
LED Suppression Status Indicator Per Phase	Provides visual indication of the suppressor's status	Allows immediate response if suppressor is damaged
Audible Alarm Status Indicator	Provides additional indication of the suppressor's status	Greater customer awareness of protection status
110,000 Peak Amp Capacity	Protects against nearby high energy lightning strikes	Protects sensitive electronic equipment at all times, even during lightning storms
Sine Wave Tracker Circuitry	Provides a tight clamping window above and below the AC sine wave	Customer assurance of superior transient protection



LA-LINEMASTER iSE

150,000 Amp Panel Protection

The LA-iSE panel is a high performance service entrance Surge Protection Device (SPD) designed to provide protection for service entrances or extremely critical loads in industrial, commercial, and medical environments.



PROTECTION

The iSE suppressor provides state-of-the-art protection for multi-phase applications. The iSE's 150,000 Amperes surge current capability protects equipment both L-L, L-N, L-G and N-G surge currents and transient voltages.

PERFORMANCE

The EFI Electronics LineMaster iSE utilizes a hybrid Sine Wave Tracker™ suppression circuit in bolt-on replaceable modules. Modules bolt onto tin plated copper bus bars to ensure the least amount of impedance. The LineMaster iSE provides transient protection and up to -54 dB noise filtration. The iSE panels have passed a pulse life test of 5,000 ANSI category C-3 surges without clamping drift.

APPLICATIONS

Designed and manufactured for installation on main service panels, the iSE can also be installed at sensitive equipment. The iSE can be installed in series (Kevin) for sensitive loads up to 150 amperes to compliment any other EFI Electronics SPD in a cascaded suppression filter system.

FEATURES	ADVANTAGES	BENEFITS
LED suppression Status indicator per phase	Provides visual indication of the suppressors status.	Allows immediate response if suppressor is damaged
Audible Alarm and NO/NC dry contacts status indicator	Provides additional indication of the suppressors status.	Provides the customer with the ability to remotely monitor the SPDs protection status
150,000 Peak Amp Capacity	Protects against high energy lightning strikes.	Protects sensitive electronic equipment at all times, even during lightning storms.
Sine Wave Tracker™ circuitry	Provides a tight clamping window above and below the AC sine wave	Customer assurance of superior transient protection.
Surge Counter	Provides logging of TVSS events	Visual evidence of the number of times your suppressor has intercepted transient voltages.

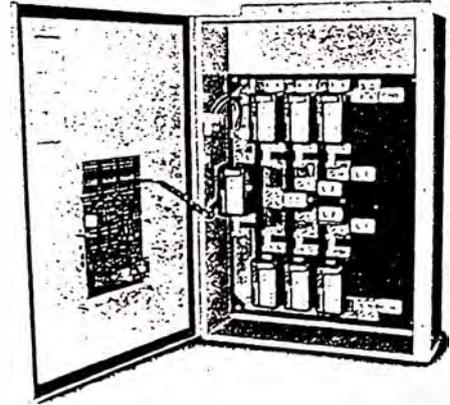


LA-LINEMASTER™ iSE

240,000 Amp Service Entrance Protection

Adapted for
Industrial
Applications

The Linemaster LA-iSE is a high performance service entrance surge suppression device designed to protect service entrance panels as well as extremely critical loads in industrial, commercial and medical environments.



APPLICATIONS

Designed and manufactured for installation on main service panels, the LA-iSE can also be installed directly to sensitive equipment. In addition, the LA-iSE can be installed in series (Kelvin) for sensitive loads up to 175 amps to complement any other EFT Electronics Surge Protection Device (SPD) in a cascaded suppression filter system.

SUPERIOR PERFORMANCE

The LineMaster LA-iSE utilizes a hybrid Sine Wave Tracker™ suppression circuit in bolt-on replaceable modules. Modules bolt onto tin plated copper bus bars to ensure a low impedance design. The LA-iSE not only provides transient protection but also up to -54 dB noise filtration. The LA-iSE panels have passed a pulse life test of 5,000 ANSI surges without clamping drift. The LA-iSE's 240,000 Amp surge current capacity protects equipment from L-L, L-N, L-G and N-G surge currents and transient voltages.

SAFETY

The LineMaster LA-iSE provides safe and reliable operation by incorporating EFT's latest safety developments. Each MOV is individually fused and the product is contained in a NEMA 12 metallic housing for maximum safety. The LA-iSE has been tested and listed by UL and cUL.

EASY INSTALLATION

The LineMaster LA-iSE easily mounts adjacent to any switch boards, MCC or distribution panels. Its durable construction makes the LA-iSE the right choice for full facility protection in high exposure facilities.

Operating status lights are conveniently observed through the front cover and an audible alarm and form C dry contacts alert the user in the case of suppressor damage.

FEATURES	ADVANTAGES	BENEFITS
LED Suppression Status Indicator Per Phase	Provides visual indication of the suppressor's status	Allows immediate response if suppressor is damaged
Audible Alarm and NO/NC Dry Contacts Status Indicator	Provides additional indication of the suppressor's status	Enables the customer to remotely monitor the devices protection status
240,000 Peak Amp Capacity	Protects against high-energy lightning strikes	Protects sensitive electronic equipment at all times, even during lightning storms
Sine Wave Tracker Circuitry	Provides a tight clamping window above and below the AC sine wave	Ensures superior protection from transient voltages

For company and product information, please visit www.efinet.com

BIBLIOGRAFIA

1. Catálogos de Supresores de Transitorios de Efi- Electronic, The Protector, BBC, Rayvoss y LEC.
2. IEEE Practice For Grounding of Industrial Power System.
3. Lightning Protection for People and Property de M. Frydenlund
4. Lightning Strike Protection de LEC, inc 1995
5. Perturbaciones en líneas AC de iit
6. Protección de Sistemas Eléctricos de Gilberto Enrique Harper.
7. Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia del Ing. Cesar Chilet
8. Sistemas de Puesta a Tierra de Procobre- Chile
9. Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica de J. Robert Eaton
10. Técnicas de Aterramiento Eléctrico del Ing. Justo Yanque
11. Técnicas de las Altas Tensiones Volumen II de Enrique Harper