



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO.**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN.**

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA.

**“SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.”**

AUTOR: LEONARDO ARTURO MONTES GASPAR.

ASESOR: ING. ABEL VERDE CRUZ.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS.

A mis padres, que siempre han estado junto a mí, que me han tendido la mano en las buenas y en las malas, que en los momentos difíciles supieron darme consejos y ánimos para salir adelante, a ellos, ya que cuando los defraude nunca me dieron la espalda y me ayudaron a salir del bache donde me encontraba, a ellos que me han brindado todas las armas para ser lo que soy hasta el día de hoy y que gracias a sus ejemplos y sabiduría he sabido triunfar y salir adelante, gracias por ayudarme a ser una persona de bien y una persona respetada, gracias por enseñarme la humildad y las bondades de la vida, gracia a mi madre que con el simple hecho de haberme dado la vida y ayudarme a crecer no tengo con que pagarle solo puedo decirle que la amo y que todos mis logros se los dedico especialmente a ella, y a mi padre que nunca dejo de trabajar ni dejo de ser responsable para sacarnos adelante y que me dio los mejores consejos de la vida.

A Dios, que gracias a la fe que he tenido en él, nunca dejo que me derrumbara, siempre estuvo a mi lado y me ha ayudado a salir adelante, me ayudo a tomar decisiones importantes en mi vida y que hasta el momento he salido adelante, espero siempre este junto a mí y me ayude a seguir triunfando, gracias por su bondad y por las maravillas de la vida.

Al ingeniero Abel, que me ayudo a terminar mi trabajo de tesis con el cual me estoy titulando como Ingeniero Mecánico Eléctrico, ya que he sabido darme buenos consejos, me brindo todo su apoyo, me brindo sus conocimientos y su amistad, gracias a él, ya que he sido uno de los mejores ejemplos a seguir en la vida y uno de los mejores profesores en vida escolar.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que me dio oportunidad de estudiar y de terminar mis estudios en una de sus Facultades y que me brindo las armas para concluir satisfactoriamente mi carrera.

INDICE.

OBJETIVOS.....	1
INTRODUCCIÒN.....	2
CAPÌTULO 1. SISTEMA DE TIERRAS.....	42
1.1.- Definición de Sistema de Tierra.....	42
1.2.- Normas Principales.....	42
1.3.- ¿Que obtengo al conectar mi sistema de tierra?.....	51
1.4.- Ejemplos.....	52
1.5.- Preparación de conductores y superficies.....	55
1.6.- Procedimiento general de soldadura en el sistema tradicional.....	56
1.7.- Sistema moderno – “Tierra Total”.....	57
1.8.- Conectores utilizados para las conexiones mecánicas de tierra.....	64
1.9.- Tablas de selección para la instalación del sistema de tierras con el metodo de tierra total.....	67
1.10.- Intensificador para sistemas de puesta a tierra.....	69
1.11.- Métodos para la medición del sistema de tierra.....	70
CAPÌTULO 2: PROTECCIÒN ATMOSFÈRICA.....	74
2.1.- Definición.....	74
2.2.- Estudio de la capacidad de corriente de los pararrayos.....	79
2.3.- Principios del pararrayo.....	91
2.4.- Estructura y funcionamiento.....	92

2.5.- El Rayo.....	93
2.6.- Los efectos del campo eléctrico en nuestro cuerpo	101
2.7.- Tipos dpararrayos.....	102
2.8.- Normativas y ensayos de laboratorio.....	111
2.9.- Contador de descargas atmosféricas.....	113
2.10.- Accesorios para el montaje de los pararrayos.....	114
2.11.- Normas de instalación de torres.....	119
CAPITULO 3: PROTECCION CONTRA TRANSITORIOS.....	126
3.1.- ¿Qué son los picos y sobrecargas?.....	126
3.2.- ¿Qué son los transitorios?.....	126
3.3.- Cómo funcionan los supresores de picos.....	128
3.4.- Tipos de protección.....	131
3.5.- Clasificación de los supresores.....	133
3.6.- Diagramas de conexión.....	148
CAPITULO 4: APLICACIONES.....	149
4.1.- Ejemplo de instalación del sistema de tierra.....	149
4.2.- Ejemplo de instalación del supresor de transitorios.....	163
4.3.- Ejemplo de instalación del sistema de protección atmosférica.....	166
CONCLUSIONES.....	174
BIBLIOGRAFIA.....	188

OBJETIVOS.

- 1.- Dar a conocer el porque debemos de tener un sistema de tierra física eficiente y porque es la base de toda instalación eléctrica.

- 2.- Conocer las características y el funcionamiento de un supresor de transitorios y saber cuales son los beneficios que este nos brinda.

- 3.- Dar a conocer cuanta es la gravedad de la caída de un rayo y como debemos protegernos contra estas.

- 4.- Conocer los diferentes métodos que hay para una protección atmosférica eficiente y como es su instalación.

- 5.- Demostrar la importancia que se tiene al tener protegida una instalación contra descargas atmosféricas.

INTRODUCCION.

OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE CONTRA DISTURBIOS ELÉCTRICOS.

- Protección y seguridad para la vida humana.
- Protección y seguridad en la operación electromecánica y electrónica.
- Alta eficiencia mecánica, (automatización, robótica, informática.)
- Continuidad de operación y cumplimiento puntual con los programas de aseguramiento de la calidad.
- Compatibilidad electromagnética (mínimos niveles de interferencia y contaminación entre equipos, aparatos, componentes, accesorios y seres humanos).
- Alta eficiencia eléctrica. (Disminución del factor de pérdidas, minimizando las pérdidas de energía eléctrica, lo cual se traduce en ahorro de energía).
- Calidad de operación y equilibrio ecológico.

BENEFICIOS QUE PROPORCIONA LA INSTALACION DE UN MODERNO SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE CONTRA DISTURBIOS ELÉCTRICOS.

En el amanecer de un nuevo siglo, sabemos del rezago tecnológico de un importante y decisivo factor en toda instalación eléctrica de nuestro planeta, evidentemente obsoleto hoy día:

REVOLUCIONAR LA INGENIERIA DE PUESTA A TIERRA.

Desde un transformador de potencia para el suministro eléctrico residencial o bien comercial o industrial y en general toda la masa o materia metálica involucrada en los circuitos eléctricos para la operación o disfrute del confort de la tecnología de hoy; tiene que estar correctamente puesta a tierra y apoyado por un sistema de protección primario y uno secundario.

Es necesario renovar lo tradicional y efectuar un verdadero cambio ante la confusión mundial por el incremento de fallas, errores y descomposturas de aparatos, componentes, equipo y lo más importante: un incremento de irreparables daños en la vida y salud de los seres humanos.

Con el decidido propósito de coadyuvar a una mejor calidad de la energía eléctrica, se sugiere implementar el **Sistema de Protección Eficiente en Interacción con el Planeta.**

La tecnología magnetoactiva de puesta a tierra aunado a los sistemas de protección primarios y secundarios, suficiente para enfrentar los retos tecnológicos del siglo XXI, dentro de un marco de absoluta seguridad y eficiencia para equipos y seres humanos.

Inicia el concepto híbrido de plena convivencia entre la cibernética y los seres humanos.

Coadyuva en forma eficiente al incremento de la calidad de vida humana y a la expansión de la productividad por la eficiencia misma.

Deja en el pasado, las tradicionales varillas, alambres, cables, mallas y los controvertidos estudios de "resistividad del suelo".

Es la aplicación de una nueva tecnología, práctica, sencilla, económica, adaptable, compatible y muy eficiente.

Permite definir y aplicar seis tipos de puesta a tierra, requeridos en las modernas instalaciones de hoy, sin la interacción de funcionamiento entre ellas, pero interconectadas en forma equipotencial.

1- Tierra de funcionamiento. (T. F.)

Conductor de retomo y referencia para un gradiente de potencial óptimo. Comúnmente denominado "Xo" o "Neutro", la cual se conecta en los transformadores de potencia en el "Xo" del devanado conectado en estrella o en los centros de carga en la barra denominada Neutro.

2.- Tierra de protección, (T. P.)

Conductor denominado "tierra física", cuya misión es proteger la vida humana, el cual se deberá conectar a las partes metálicas no energizadas.

3.- Tierra electrónica. (T. E.)

Conductor denominado en ingles "Ground", encargado de ofrecer "0" lógico a potenciales de masa de circuitos y componentes electrónicos, para su operación óptima de acuerdo a sus especificaciones de diseño.

4.- Protección por conexión equipotencial (P.C.E.)

Conductor destinado a unir masas metálicas no energizadas de un conjunto determinado conteniendo circuitos eléctricos, con el propósito de cancelar gradientes de potencial entre ellas.

5.- Tierra de confinamiento de descargas atmosféricas (T. C. D. A.)

Conductor con destino a tierra, concebido para amortiguar y confinar impulsos nucleares electromagnéticos, (NEMP), conocidos como descargas atmosféricas (rayos).

6.- Tierra anticorrosiva de protección catódica (T. A. P. C.)

Conductor destinado para polarizar masas catódicamente y evitar efectos galvánicos en metales, sin fuentes de energía externas para su funcionamiento.

La operación en conjunto de estos seis tipos de conductores, se aplica a través de dos áreas definidas; la primera denominada red de confinamiento a tierra, integrada por acopladores de estado sólido denominados Sincronizadores de admitancias y la segunda por una red de polarización y disipación, compuesta por estructuras magnetoactivas interconectadas denominadas Electrodo de tierra.

Las dos áreas interconectadas y, acopladas por medio de cables aislados y conectores de alta eficiencia, integran el sistema de protección y alta eficiencia eléctrica, electromecánica y electrónica, denominada: Electrodo de tierra.

Beneficios que otorga:

1.- Puede instalarse en proyectos nuevos o para reforzar instalaciones en proceso.

2.- Puede instalarse por etapas. (Iniciando siempre por las subestaciones principales de alimentación).

3.- Se conectan a los antiguos sistemas de tierra para incrementar su funcionamiento.

4.- Tiene la facilidad de instalarse en áreas reducidas como en sótanos y en espacios reducidos detrás de los muebles y en caso del electrodo de tierra, sin necesidad de utilizar áreas verdes como un requisito indispensable.

5.- Para su instalación no requiere hacer paros de producción.

6.- Es un sistema integral de protección altamente eficiente, suficiente para cubrir todas las necesidades actuales que la propia tecnología de punta exige.

7.- No depende para su óptimo funcionamiento, de las condiciones de resistividad eléctrica del suelo, este conjunto de elementos permite operar un sistema de puesta a tierra, seguro, estable y eficiente, sin afectarle el clima o las condiciones del terreno, ya que depende exclusivamente de su propio diseño del foso y de los vectores de atracción gravitacional y polar magnético.

8.- Este Sistema de Protección Eficiente logra impedancias a tierra cercanas a "0" ohm y con un efecto de diodo en el electrodo de tierra, por lo que permite confirmar en forma unidireccional a tierra corrientes de retorno o indeseables e impide tomar impulsos peligrosos de reflejo o procedentes del suelo.

9.- El electrodo de tierra cuenta con una bobina o circuito tanque (LCR) en la estructura magnetoactiva ahogada en el suelo, capaz de disipar señales destructivas comprendidas dentro de un rango de 100 [Hz] a 3.5 [GHz], confinando unidireccionalmente las corrientes indeseables. Su funcionamiento depende del campo geomagnético de la tierra y la fuerza gravitatoria además de principios eléctricos para así obtener una baja impedancia de puesta a tierra, por ello es necesario alinear el electrodo con dichas fuerzas naturales.

Un fenómeno magnético produce una polarización anódica en la base del electrodo y una polarización catódica en la cara superior del mismo, produciendo un campo catódico estable en la superficie terrestre cercana a donde se encuentra instalado.

1.- El electrodo cubre una norma (NMX) la cual contiene especificaciones de su fabricación e instalación que permite otorgarle una vida útil de veinticinco años. Este electrodo es una estructura triangular de cobre de alta eficiencia, el cual por su tratamiento electroquímico resiste la corrosión y la sulfatación para proveer un contacto constante de muy baja resistencia y no contaminante con el entorno de la tierra.

2.- La instalación de un **Sistema de Protección Eficiente**, invariablemente requiere de un diagnóstico eléctrico previo y evaluación posterior a su instalación, con el fin de comprobar el alcance de sus beneficios.

3.- Con este sistema se permite otorgar una variedad de conductores a tierra por medio de los equipos de protección primaria y secundaria, esto permite elevar la eficiencia de todo tipo de instalación eléctrica, disminuyendo su factor de pérdidas por lo tanto se obtiene un beneficio de ahorro de energía, la combinación aplicada correctamente de estos sistemas, permite obtener la máxima eficiencia de

operación y funcionamiento de todos los aparatos, equipos y componentes involucrados, con la real eficiencia de su compatibilidad, lo cual quiere decir que disminuyen la interferencia de radiofrecuencia (RFI) y electromagnética (EMI), resultando en una reducción de la susceptibilidad propia, por lo cual su funcionamiento se incrementa en calidad, eficiencia y precisión.

Beneficios adicionales:

- 1.- Ahorro en el consumo de energía eléctrica, al corregir la ineficiencia del neutro de su instalación y disminuir el factor de pérdidas.
- 2.- Atenuación de picos, transitorios, y demás fluctuaciones de energía eléctrica que dañan y destruye sus aparatos electrónicos.
- 3.- Mayor calidad en imagen y sonido para equipos de video como: televisión, DVD y videocaseteras.
- 4.- Sonido limpio, claro y definido para los equipos de sonido.
- 5.- Mejor recepción de señales de radio A.M. F.M. Y S.W
- 6.- Mayor eficiencia en el sistema de enfriamiento y congelación de los refrigeradores, el cual operará menos tiempo para dar el servicio que se le exige.
- 7.- Se eficienta la potencia nominal para las lavadoras y secadoras de ropa.
- 8.- Cancelación de interferencias de radiofrecuencia (RFI) y electromagnéticas (EMI).
- 9.- Se puede escuchar radio de A.M. sin molestos ruidos o interferencias.
- 10.- Mayor vida útil para lámparas y focos, con el ahorro económico consecuente.
- 11.- Menos calentamiento de motores, aparatos, equipos, accesorios y los cables de la instalación eléctrica.
- 12.- Seguridad y protección eléctrica para los seres vivos, contra descargas eléctricas y cortos circuitos.
- 13.- Mayor calidad de vida, al disminuir peligrosos niveles de señales o ruido eléctrico y electromagnético que afectan la salud.
- 14.- Mayor eficiencia y vida útil del cableado de su instalación eléctrica.

15.- Menor riesgo de explosión de tanques de gas, al cancelar peligrosos gradientes de potencial entre tubería de cobre, tanques, motor de bombeo de agua y calentador.

ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE.

Electrodo de puesta a tierra (magnetoactivo). Este permite enviar de forma unidireccional las corrientes indeseables.

Compuesto acondicionador eléctrico. Este preparado al no depender en forma estricta de la conductividad de la superficie terrestre y operar en todo tipo, ambiente y características de terreno, no requiere de aceleradores electroquímicos que dañan el planeta, principalmente los mantos acuíferos. El compuesto debe ser mezclado con tierra orgánica es usado como núcleo magnético orgánico para el electrodo magnetoactivo. 100% orgánico, estable y de larga vida útil (30 años promedio).

Sistemas de protección. Elementos de la instalación eléctrica como Cuchillas, fusibles, pastillas termomagnéticas.

Protectores Primarios. Tienen la capacidad de filtrar grandes corrientes (50 [KA]) y una disipación de energía superior a 1900 Joules [J] por medio de varistores sin proporcionarnos desconexión de los equipos conectados en la red eléctrica. Estos deben de ser conectados en paralelo en las cuchillas o bien en el centro de carga en cada una de las fases de la instalación eléctrica.

Protectores secundarios. Tienen capacidad de desconectar la carga a un voltaje superior a los 132 [V] y en algunos casos para equipos muy sensibles también a un voltaje inferior a los 90 [V], soportan una corriente de impulso de 52 [KA] y cuentan con un poder de disipación de energía superior a los 1600 Joules [J], también ofrecen una protección de fase a neutro, de fase a tierra y de neutro a tierra. La desconexión se logra por medio de relevadores y la disipación a través de varistores.

DIFERENCIAS ENTRE ALTA, BAJA Y MEDIA TENSIÓN

Alta tensión. Se emplea para transportar altas tensiones a grandes distancias, desde las centrales generadoras hasta las subestaciones de transformadores. Su transportación se efectúa utilizando gruesos cables que cuelgan de grandes aisladores sujetos a altas torres metálicas. Las altas tensiones son aquellas que superan los 25 kV (kilovolt).

Media tensión. Son tensiones mayores de 1 kV y menores de 25 kV. Se emplea para transportar tensiones medias desde las subestaciones hasta las subestaciones o bancos de transformadores de baja tensión, a partir de los cuales se suministra la corriente eléctrica a las ciudades. Los cables de media tensión pueden ir colgados en torres metálicas, soportados en postes de madera o cemento, o encontrarse soterrados, como ocurre en la mayoría de las grandes ciudades.

Baja tensión. Tensiones inferiores a 1 kV que se reducen todavía más para que se puedan emplear en la industria, el alumbrado público y el hogar. Las tensiones más utilizadas en la industria son 220, 380 y 440 volt de corriente alterna y en los hogares entre 110 y 120 volt para la mayoría de los países de América y 220 volt para Europa.

Hay que destacar que las tensiones que se utilizan en la industria y la que llega a nuestras casas son alterna (C.A.), cuya frecuencia en América es de 60 ciclos o hertz (Hz), y en Europa de 50 ciclos o hertz.

DIFERENCIA ENTRE WATTS Y VOLTS-AMPERES.

Esta nota tratará de ayudar a entender la diferencia entre Watts y VA, y explicará como los términos son correcta ó incorrectamente usados en la especificación de la potencia de los equipos protectores como Estabilizadores ó UPS.

Mucha gente tiene una gran confusión acerca de la diferencia entre Watts y Volts-Amperes en el momento de seleccionar la potencia por ejemplo de una de una UPS. Muchos fabricantes de equipos contribuyen a esa confusión, al obviar la distinción entre esos dos valores.

La potencia consumida por un equipo de computación es expresada en Watts (W) ó Volts-Amperes (VA). La potencia en Watts es la potencia real consumida por el equipo. Se denomina Volts-Amperes a la " potencia aparente" del equipo, y es el producto de la tensión aplicada y la corriente que por él circula.

Ambas valores tienen un uso y un propósito. Los Watts determinan la potencia real consumida desde la compañía de energía eléctrica y la carga térmica generada

por el equipo. El valor en VA es utilizado para dimensionar correctamente los cables y los circuitos de protección.

En algunos tipos de artefactos eléctricos, como las lámparas incandescentes, los valores en Watts y en VA son idénticos. Sin embargo, para equipos de computación, los Watts y los VA pueden llegar a diferir significativamente, siendo el valor en VA siempre igual o mayor que el valor en Watts. La relación entre los Watts y los VA es denominada "Factor de Potencia" y es expresada por un número (ejemplo: 0,7) ó por un porcentaje (ejemplo: 70%).

El valor del consumo, en Watts, para una computadora, es típicamente 60 a 70% de su valor en VA

Virtualmente todas las computadoras modernas, utilizan una fuente de alimentación de tipo switching con un gran capacitor de entrada. Debido a las características de estos convertidores, estas fuentes de alimentación presentan un factor de potencia de 0,6 a 0,7, tendiendo las computadoras personales a 0,6. Esto significa que los Watts consumidos por una computadora típica son aproximadamente el 60% de su consumo medido en VA.

Recientemente fue introducida al mercado un nuevo tipo de fuente de poder, llamada fuente de switching con factor de potencia corregido. Para éste tipo de fuente de poder, el factor de potencia es igual a 1. Este tipo de fuente es utilizado en grandes servidores, usualmente con consumos por sobre los 500 Watts. La mayoría de las veces, no será posible para el usuario determinar el factor de potencia de la carga, y por lo tanto deberá asumir el peor caso cuando calcule la potencia necesaria para un equipo de protección.

Una UPS también tiene valores en Watts y en VA y ninguno de ambos (ni Watts, ni los VA) puede ser excedido.

En muchos casos, los fabricantes solamente publican la potencia en VA de la UPS. Sin embargo, es un estándar en la industria, que su valor en Watts es aproximadamente el 60% del valor en VA, ya que es éste el valor típico del factor de potencia de las cargas. Por lo tanto, como un factor de seguridad, se debe asumir que la potencia en Watts de la UPS es el 60% del valor publicado en VA.

Ejemplos de cómo puede ocurrir un error de cálculo

Ejemplo N °.1: Considere el caso de una UPS de 1000 VA. El usuario quiere alimentar 9 lámparas incandescentes de 100 Watts (total 900Watts). Las lámparas tienen un consumo de 900 W ó 900 VA, ya que su factor de potencia es 1. Aunque el consumo en VA de la carga es de 900 VA, lo cual está dentro de las características de la UPS, el equipo no podrá soportar esa carga. Esto se debe a que el consumo de 900Watts supera la potencia en Watts de la UPS, que es aproximadamente el 60% de los 1000VA de la especificación, es decir 600 Watts.

Ejemplo N °.2: Considere el caso de una UPS de 1000 VA. El usuario quiere alimentar un servidor de 900 VA con la UPS. El servidor tiene una fuente de alimentación con factor de potencia corregido, y por lo tanto tiene un consumo de

900 Watts ó 900 VA. Aunque los VA consumidos por la carga son 900, lo cual está dentro de las especificaciones de la UPS, ella no podrá soportar esa carga. Esto se debe a que los 900W de la carga superan la potencia en Watts de la UPS, que es aproximadamente el 60% de los 1000 VA de la especificación, es decir 600 Watts.

Como evitar errores de tamaño:

Las etiquetas o placas de datos de los equipos están frecuentemente en VA, lo cual hace dificultoso conocer el consumo en Watts. Si usa los valores especificados en las placas de los equipos, un usuario podría configurar un sistema que parezca correctamente elegido, basado en el consumo en VA, pero que sobrepase la potencia en Watts de la UPS.

Si se determina que el valor de la carga en VA no exceda el 60 a 70 % de la potencia en VA de la UPS, es imposible exceder la potencia en Watts. Por lo tanto a menos que Ud. tenga seguridad sobre el consumo en Watts de la carga, la manera más segura de proceder, es mantener la suma de los valores de los consumos por debajo del 60% de la potencia en VA de la UPS.

Note que este cálculo traerá aparejado un posible sobredimensionamiento de la UPS. Si desea realizar una optimización del cálculo, solicite el asesoramiento de nuestro Departamento Técnico. Solamente una medición realizada con los instrumentos adecuados proveerá un dato exacto de los valores en Watts y VA.

VOLTAJE, TENSIÓN O DIFERENCIA DE POTENCIAL.

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (**FEM**) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor.

La diferencia de potencial entre dos puntos de una fuente de FEM se manifiesta como la acumulación de cargas eléctricas negativas (*iones negativos o aniones*), con exceso de electrones en el polo negativo (-) y la acumulación de cargas eléctricas positivas (*iones positivos o cationes*), con defecto de electrones en el polo positivo (+) de la propia fuente de FEM.

En otras palabras, el voltaje, tensión o diferencia de potencial es el impulso que necesita una carga eléctrica para que pueda fluir por el conductor de un circuito eléctrico cerrado. Este movimiento de las cargas eléctricas por el circuito se establece a partir del polo negativo de la fuente de FEM hasta el polo positivo de la propia fuente.

LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Lo que conocemos como corriente eléctrica no es otra cosa que la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de fuerza electromotriz (FEM).

Quizás hayamos oído hablar o leído en algún texto que el sentido convencional de circulación de la corriente eléctrica por un circuito es a la inversa, o sea, del polo positivo al negativo de la fuente de FEM. Ese planteamiento tiene su origen en razones históricas y no a cuestiones de la física y se debió a que en la época en que se formuló la teoría que trataba de explicar cómo fluía la corriente eléctrica por los metales, los físicos desconocían la existencia de los electrones o cargas negativas.

Al descubrirse los electrones como parte integrante de los átomos y principal componente de las cargas eléctricas, se descubrió también que las cargas eléctricas que proporciona una fuente de FEM (Fuerza Electromotriz), se mueven del signo negativo (-) hacia el positivo (+), de acuerdo con la ley física de que "cargas distintas se atraen y cargas iguales se rechazan". Debido al desconocimiento en aquellos momentos de la existencia de los electrones, la comunidad científica acordó que, convencionalmente, la corriente eléctrica se movía del polo positivo al negativo, de la misma forma que hubieran podido acordar lo contrario, como realmente ocurre. No obstante en la práctica, ese "error histórico" no influye para nada en lo que al estudio de la corriente eléctrica se refiere.

QUÉ ES LA RESISTENCIA ELÉCTRICA

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

Normalmente los electrones tratan de circular por el circuito eléctrico de una forma más o menos organizada, de acuerdo con la resistencia que encuentren a su paso. Mientras menor sea esa resistencia, mayor será el orden existente en el micromundo de los electrones; pero cuando la resistencia es elevada, comienzan a chocar unos con otros y a liberar energía en forma de calor. Esa situación hace que siempre se eleve algo la temperatura del conductor y que, además, adquiera valores más altos en el punto donde los electrones encuentren una mayor resistencia a su paso.

QUE ES LA EQUIPOTENCIALIDAD.

Los conceptos de tierra y masa son usados en los campos de la electricidad y electrónica.

El término "tierra", como su nombre indica, se refiere al potencial de la superficie de la Tierra.

El símbolo de la tierra en el diagrama de un circuito es:



Para hacer la conexión de este potencial de tierra a un circuito eléctrico se usa un electrodo de tierra, que puede ser algo tan simple como una barra metálica (usualmente de cobre) anclada al suelo, a veces humedecida para una mejor conducción.

Es un concepto vinculado a la seguridad de las personas, porque éstas se hallan a su mismo potencial por estar pisando el suelo. Si cualquier aparato está a ese mismo potencial no habrá diferencia entre el aparato y la persona, por lo que no habrá descarga eléctrica peligrosa.

Por último hay que decir que el potencial de la tierra no siempre se puede considerar constante, especialmente en el caso de caída de rayos. Por ejemplo si ha caído un rayo a una distancia de 1 kilómetro, la diferencia de potencial entre dos puntos separados por 10 metros será de más de 150 V.

La unión equipotencial garantiza que cualquier incremento de potencial como consecuencia de la inyección de corriente de descargas eléctricas en la impedancia de la red de puesta a tierra sea experimentada por todos los servicios conductivos del edificio.

Así, los incrementos de potencial serán uniformes, evitándose cualquier peligrosa diferencia de potencial.

¿QUE ES UNA DESCARGA ANODICA Y UNA CATODICA?

Se dice que un rayo cae con descarga anódica cuando este llega o va viajando hacia la tierra con cargas positivas y está siendo atraído por cargas negativas y en cambio cuando este va viajando con cargas negativas y está siendo atraído por cargas positivas se dice que es un rayo con descargas catódicas.

¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD?

La electricidad (del griego *elektron*, cuyo significado es ámbar) es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros. Se puede observar de forma natural en fenómenos atmosféricos, por ejemplo los rayos, que son descargas eléctricas producidas por la transferencia de energía entre la ionosfera y la superficie terrestre, (proceso complejo del que los rayos solo forman una parte). Otros mecanismos eléctricos naturales los podemos encontrar en procesos biológicos, como el funcionamiento del sistema nervioso. Es la base del funcionamiento de muchas máquinas, desde pequeños electrodomésticos hasta sistemas de gran potencia como los trenes de alta velocidad, y asimismo de todos los dispositivos electrónicos. Además es esencial para la producción de sustancias químicas como el aluminio y el cloro.

También se denomina electricidad a la rama de la física que estudia las leyes que rigen el fenómeno y a la rama de la tecnología que lo usa en aplicaciones prácticas. Desde que, en 1831, Faraday descubriera la forma de producir corrientes eléctricas por inducción —fenómeno que permite transformar energía mecánica en energía eléctrica— se ha convertido en una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su facilidad de generación y distribución y a su gran número de aplicaciones.



FIGURA 1: La electricidad en una de sus manifestaciones naturales: el relámpago.

La electricidad es originada por las cargas eléctricas, en reposo o en movimiento, y las interacciones entre ellas. Cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas eléctricas están en movimiento relativo se ejercen también fuerzas magnéticas. Se conocen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Los átomos que conforman la materia contienen partículas subatómicas positivas (protones), negativas (electrones) y neutras (neutrones). También hay partículas elementales cargadas que en condiciones normales no son estables, por lo que se manifiestan sólo en determinados procesos como los rayos cósmicos y las desintegraciones radiactivas.

La electricidad y el magnetismo son dos aspectos diferentes de un mismo fenómeno físico, denominado electromagnetismo, descrito matemáticamente por las ecuaciones de Maxwell. El movimiento de una carga eléctrica produce un campo magnético, la variación de un campo magnético produce un campo eléctrico y el movimiento acelerado de cargas eléctricas genera ondas electromagnéticas (como en las descargas de rayos que pueden escucharse en los receptores de radio AM).

Debido a las crecientes aplicaciones de la electricidad como vector energético, como base de las telecomunicaciones y para el procesamiento de información, uno de los principales desafíos contemporáneos es generarla de modo más eficiente y con el mínimo impacto ambiental.



FIGURA 2: Configuración electrónica del átomo de cobre. Sus propiedades conductoras se deben a la facilidad de circulación que tiene su electrón más exterior (4s).

La historia de la electricidad como rama de la física comenzó con observaciones aisladas y simples especulaciones o intuiciones médicas, como el uso de peces eléctricos en enfermedades como la gota y el dolor de cabeza, u objetos arqueológicos de interpretación discutible (la batería de Bagdad). Tales de Mileto fue el primero en observar los fenómenos eléctricos cuando, al frotar una barra de ámbar con un paño, notó que la barra podía atraer objetos livianos.

Mientras la electricidad era todavía considerada poco más que un espectáculo de salón, las primeras aproximaciones científicas al fenómeno fueron hechas por investigadores sistemáticos en los siglos XVII y XVIII como Gilbert, von Guericke,

Henry Cavendish, Du Fay, van Musschenbroek y Watson. Estas observaciones empiezan a dar sus frutos con Galvani, Volta, Coulomb y Franklin, y, ya a comienzos del siglo XIX, con Ampère, Faraday y Ohm. No obstante, el desarrollo de una teoría que unificara la electricidad con el magnetismo como dos manifestaciones de un mismo fenómeno no se alcanzó hasta la formulación de las ecuaciones de Maxwell (1861-1865).

Los desarrollos tecnológicos que produjeron la primera revolución industrial no hicieron uso de la electricidad. Su primera aplicación práctica generalizada fue el telégrafo eléctrico de Samuel Morse (1833), que revolucionó las telecomunicaciones. La generación masiva de electricidad comenzó cuando, a fines del siglo XIX, se extendió la iluminación eléctrica de las calles y las casas. La creciente sucesión de aplicaciones que esta disponibilidad produjo hizo de la electricidad una de las principales fuerzas motrices de la segunda revolución industrial. Más que de grandes teóricos, como Lord Kelvin, fue éste el momento de grandes inventores como Gramme, Westinghouse, von Siemens y Alexander Graham Bell. Entre ellos destacaron Nikola Tesla y Thomas Alva Edison, cuya revolucionaria manera de entender la relación entre investigación y mercado capitalista convirtió la innovación tecnológica en una actividad industrial. Tesla, un inventor serbio-americano, descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna. También inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía a la sociedad moderna

El alumbrado artificial modificó la duración y distribución horaria de las actividades individuales y sociales, de los procesos industriales, del transporte y de las telecomunicaciones. Lenin definió el socialismo como la suma de la electrificación y el poder de los soviets. La sociedad de consumo que se creó en los países capitalistas dependió en gran medida del uso doméstico de la electricidad.

El desarrollo de la mecánica cuántica durante la primera mitad del siglo XX sentó las bases para la comprensión del comportamiento de los electrones en los diferentes materiales. Estos saberes, combinados con las tecnologías desarrolladas para las transmisiones de radio, permitieron el desarrollo de la electrónica, que alcanzaría su auge con la invención del transistor. El perfeccionamiento, la miniaturización, el aumento de velocidad y la disminución de costo de las computadoras durante la segunda mitad del siglo XX fue posible gracias al buen conocimiento de las propiedades eléctricas de los materiales semiconductores. Esto fue esencial para la conformación de la sociedad de la información de la tercera revolución industrial, comparable en importancia con la generalización del uso de los automóviles.

Los problemas de almacenamiento de electricidad, su transporte a largas distancias y la autonomía de los aparatos móviles alimentados por electricidad todavía no han sido resueltos de forma eficiente. Asimismo, la multiplicación de todo tipo de aplicaciones prácticas de la electricidad ha sido —junto con la proliferación de los motores alimentados con destilados del petróleo— uno de los

factores de la crisis energética de comienzos del siglo XXI. Esto ha planteado la necesidad de nuevas fuentes de energía, especialmente las renovables.

Electrostática y electrodinámica



FIGURA 3: Benjamin Franklin experimentando con un rayo.

La electrostática es la rama de la física que estudia los fenómenos resultantes de la distribución de cargas eléctricas en reposo, esto es, del campo electrostático. Los fenómenos electrostáticos son conocidos desde la antigüedad. Los griegos del siglo V a. C. ya sabían que al frotar ciertos objetos estos adquirían la propiedad de atraer cuerpos livianos. En 1785 el físico francés Charles Coulomb publicó un tratado donde cuantificaba las fuerzas de atracción y repulsión de cargas eléctricas estáticas y describía, por primera vez, cómo medirlas usando una balanza de torsión. Esta ley se conoce en su honor con el nombre de ley de Coulomb.

Durante el siglo XIX se generalizaron las ideas de Coulomb, se introdujo el concepto de campo eléctrico y potencial eléctrico, y se formuló la ecuación de Laplace, que determina el potencial eléctrico en el caso electrostático. Se produjeron también avances significativos en la electrodinámica, que estudia los fenómenos eléctricos producidos por cargas en movimiento. En estos fenómenos aparecen asimismo campos magnéticos, que pueden ser ignorados en el caso de circuitos con corriente eléctrica estacionaria, pero deben ser tomados en cuenta en el caso de circuitos de corriente alterna.

Finalmente, en 1864 el físico escocés James Clerk Maxwell unificó las leyes de la electricidad y del magnetismo en un sistema de cuatro ecuaciones en derivadas parciales conocidas como ecuaciones de Maxwell. Con ellas se desarrolló el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, mostrando que ambos tipos son manifestaciones del único fenómeno del electromagnetismo, que incluía también a las ondas electromagnéticas.

Carga eléctrica

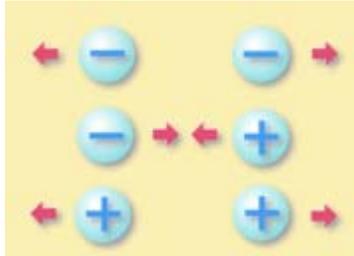


FIGURA 4: Interacciones entre cargas de igual y distinta naturaleza.

La carga eléctrica es una propiedad que poseen algunas partículas subatómicas y que se manifiesta mediante las fuerzas observadas entre ellas. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos siendo, a su vez, generadora de ellos. La interacción entre carga y campo eléctrico es la fuente de una de las cuatro interacciones fundamentales, la interacción electromagnética. La partícula que transporta la información de estas interacciones es el fotón. Estas fuerzas son de alcance infinito y no se manifiestan de forma inmediata, sino que

tardan un tiempo $t = \frac{d}{c}$, donde c es la velocidad de la luz en el medio en el que se transmite y d la distancia entre las cargas.

Las dos partículas elementales cargadas que existen en la materia y que se encuentran de forma natural en la Tierra son el electrón y el protón, aunque pueden encontrarse otras partículas cargadas procedentes del exterior (como los muones o los piones). Todos los hadrones (como el protón y el neutrón) además, están constituidos por partículas cargadas más pequeñas llamadas quarks, sin embargo estas no pueden encontrarse libres en la naturaleza.

Cuando un átomo gana o pierde un electrón, queda cargado eléctricamente. A estos átomos cargados se les denomina iones.

Los trabajos de investigación realizados en la segunda mitad del siglo XIX por el premio Nobel de Física Joseph John Thomson, que le llevaron en 1897 a descubrir el electrón, y de Robert Millikan a medir su carga, determinaron la naturaleza discreta de la carga eléctrica.

En el Sistema Internacional de Unidades la unidad de carga eléctrica se denomina culombio (símbolo C) y se define como la cantidad de carga que pasa por una sección en 1 segundo cuando la corriente eléctrica es de 1 amperio. Se corresponde con la carga de $6,24 \times 10^{18}$ electrones aproximadamente. La carga más pequeña que se encuentra en la naturaleza es la carga del electrón (que es igual en magnitud a la del protón y de signo opuesto): $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C (1 eV en unidades naturales).

Fuerza entre cargas

Coulomb fue el primero en determinar, en 1785, el valor de las fuerzas ejercidas entre cargas eléctricas. Usando una balanza de torsión determinó que la magnitud de la fuerza con que se atraen o repelen dos cargas eléctricas puntuales en reposo es directamente proporcional al producto de las magnitudes de cada carga e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

donde q_1 y q_2 son las cargas, r es la distancia que las separa y la constante de proporcionalidad k depende del sistema de unidades.

Una propiedad fundamental de estas fuerzas es el principio de superposición que establece que, cuando hay varias cargas q_j , la fuerza resultante sobre una cualquiera de ellas es la suma vectorial de las fuerzas ejercidas por todas las demás. La fuerza \vec{F}_i ejercida sobre la carga puntual q_i en reposo está dada en el SI por:

$$\vec{F}_i = 9 \cdot 10^9 \cdot q_i \cdot \sum_{j \neq i} q_j \cdot \frac{\vec{r}_{ij}}{r_{ij}^3}$$

donde $\vec{r}_{ij} = \vec{r}_i - \vec{r}_j$ denota el vector que une la carga q_j con la carga q_i .

Cuando las cargas están en movimiento aparecen también fuerzas magnéticas. La forma más sencilla de describir el fenómeno es con el uso de campos eléctrico

(\vec{E}) y magnético (\vec{B}), de los que a su vez se pueden derivar las fuerzas a partir de la fórmula de Lorentz:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

En el caso general de cargas distribuidas de manera arbitraria, no es posible escribir expresiones explícitas de las fuerzas. Hay que resolver las ecuaciones de Maxwell, calcular los campos y derivar las fuerzas a partir de las expresiones de la energía electromagnética.

Campos eléctrico y magnético

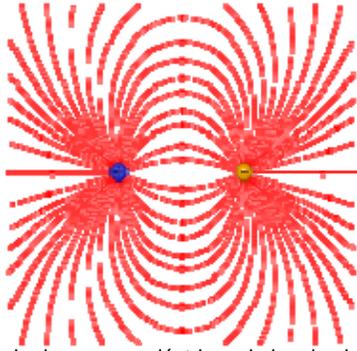


FIGURA 5: Líneas de campo de dos cargas eléctricas de igual valor absoluto y signos opuestos.

Los campos eléctrico (\vec{E}) y magnético (\vec{B}), son campos vectoriales caracterizables en cada punto del espacio y cada instante del tiempo por un módulo, una dirección y un sentido. Una propiedad fundamental de estos campos es el principio de superposición, según el cual el campo resultante puede ser calculado como la suma vectorial de los campos creados por cada una de las cargas eléctricas.

Se obtiene una descripción sencilla de estos campos dando las líneas de fuerza o de campo, que son curvas tangentes a la dirección de los vectores de campo. En el caso del campo eléctrico, esta línea corresponde a la trayectoria que seguiría una carga sin masa que se encuentre libre en el seno del campo y que se deja mover muy lentamente.

Normalmente la materia es neutra, es decir, su carga eléctrica neta es nula. Sin embargo, en su interior tiene cargas positivas y negativas y se localizan corrientes eléctricas en los átomos y moléculas, lo cual da lugar a campos eléctricos y magnéticos. En el caso de dos cargas opuestas se generan campos dipolares, como el representado en la figura de la derecha, donde las cargas de igual magnitud y signos opuestos están muy cercanas entre sí. Estos campos dipolares son la base para describir casos tan fundamentales como los enlaces iónicos en las moléculas, las características como disolvente del agua, o el funcionamiento de las antenas entre otros.

Los campos eléctricos y magnéticos se calculan resolviendo las ecuaciones de Maxwell, siendo magnitudes inseparables en general.

Electromagnetismo

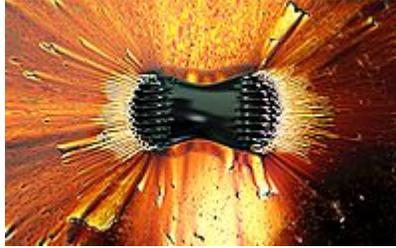


FIGURA 6: Fluido ferroso que se agrupa cerca de los polos de un imán o magneto.

Se denomina electromagnetismo a la teoría física que unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, cuyos fundamentos son obra de Faraday, pero fueron formulados por primera vez de modo completo por Maxwell. La formulación consiste en cuatro ecuaciones diferenciales vectoriales, conocidas como ecuaciones de Maxwell, que relacionan el campo eléctrico, el campo magnético y sus respectivas fuentes materiales: densidad de carga eléctrica, corriente eléctrica, desplazamiento eléctrico y corriente de desplazamiento.

A principios del siglo XIX Ørsted encontró evidencia empírica de que los fenómenos magnéticos y eléctricos estaban relacionados. A partir de esa base Maxwell unificó en 1861 los trabajos de físicos como Ampère, Sturgeon, Henry, Ohm y Faraday, en un conjunto de ecuaciones que describían ambos fenómenos como uno solo, el fenómeno electromagnético.

Se trata de una teoría de campos; las explicaciones y predicciones que provee se basan en magnitudes físicas vectoriales y son dependientes de la posición en el espacio y del tiempo. El electromagnetismo describe los fenómenos físicos macroscópicos en los que intervienen cargas eléctricas en reposo y en movimiento, usando para ello campos eléctricos y magnéticos y sus efectos sobre la materia. Para la descripción de fenómenos a nivel molecular, atómico o corpuscular, es necesario emplear las expresiones clásicas de la energía electromagnética conjuntamente con las de la mecánica cuántica.

Ecuaciones de Maxwell, en su forma diferencial

Nombre de la ley	Forma diferencial
Ley de Gauss	$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_f$
Ley de Gauss para el magnetismo o inexistencia del monopoló magnético	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
Ecuación de Maxwell-Faraday (ley de Faraday)	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
Ley de Ampère-Maxwell	$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_f + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$

Las ecuaciones de Maxwell describen los campos eléctricos y magnéticos como manifestaciones de un solo campo electromagnético. Además, explican la naturaleza ondulatoria de la luz como parte de una onda electromagnética. Al contar con una teoría unificada consistente que describiera estos dos fenómenos antes separados, se pudieron realizar varios experimentos novedosos e inventos muy útiles, como el generador de corriente alterna inventado por Tesla. El éxito predictivo de la teoría de Maxwell y la búsqueda de una interpretación coherente con el experimento de Michelson y Morley llevó a Einstein a formular la teoría de la relatividad, que se apoyaba en algunos resultados previos de Lorentz y Poincaré.

Esta unificación es fundamental para describir las relaciones que existen entre los campos eléctricos variables que se utilizan en la vida diaria —como la corriente alterna utilizada en las redes eléctricas domésticas— y los campos magnéticos que inducen. Entre otras aplicaciones técnicas, se utiliza para el cálculo de antenas de telecomunicaciones y de circuitos eléctricos o electrónicos en los que hay campos eléctricos y magnéticos variables que se generan mutuamente.

Potencial y tensión eléctrica

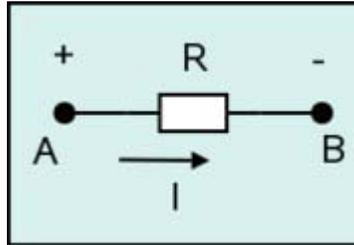


FIGURA 7: Representación esquemática de una resistencia R por la que circula una intensidad de corriente I debido a la diferencia de potencial entre los puntos A y B .

Se denomina tensión eléctrica o voltaje a la energía potencial por unidad de carga que está asociada a un campo electrostático. Su unidad de medida en el SI son los voltios. A la diferencia de energía potencial entre dos puntos se le denomina voltaje. Esta tensión puede ser vista como si fuera una "presión eléctrica" debido a que cuando la presión es uniforme no existe circulación de cargas y cuando dicha "presión" varía se crea un campo eléctrico que a su vez genera fuerzas en las cargas eléctricas. Matemáticamente, la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B es la integral de línea del campo eléctrico:

$$V(A) - V(B) = - \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Generalmente se definen los potenciales referidos a un punto inicial dado. A veces se escoge uno situado infinitamente lejos de cualquier carga eléctrica. Cuando no hay campos magnéticos variables, el valor del potencial no depende de la trayectoria usada para calcularlo, sino únicamente de sus puntos inicial y final. Se dice entonces que el campo eléctrico es *conservativo*. En tal caso, si la carga eléctrica q tan pequeña que no modifica significativamente \vec{E} , la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B será el trabajo W por unidad de carga, que debe ejercerse en contra del campo eléctrico \vec{E} para llevar q desde B hasta A . Es decir:

$$V = \frac{W}{q} .$$

Otra de las formas de expresar la tensión entre dos puntos es en función de la intensidad de corriente y la resistencia existentes entre ellos. Así se obtiene uno de los enunciados de la ley de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

Cuando por dos puntos de un circuito puede circular una corriente eléctrica, la polaridad de la caída de tensión viene determinada por la dirección convencional

de la misma; esto es, del punto de mayor potencial al de menor. En el caso de campos no estacionarios el campo eléctrico no es conservativo y la integral de línea del campo eléctrico contiene efectos provenientes de los campos magnéticos variables inducidos o aplicados, que corresponden a una fuerza electromotriz inducida (f.e.m.), que también se mide en voltios.

La fuerza electromotriz, cuyo origen es la inyección de energía externa al circuito, permite mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto o de producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado. Esta energía puede representarse por un campo de origen externo cuya circulación (integral de

línea sobre una trayectoria cerrada C) $\oint_C \vec{E} ds$ define la fuerza electromotriz del generador. Esta expresión corresponde el trabajo que el generador realiza para forzar el paso por su interior de una carga, del polo negativo al positivo (es decir, en contra de las fuerzas eléctricas), dividido por el valor de dicha carga. El trabajo así realizado puede tener origen mecánico (dínamo), químico (batería), térmico (efecto termoeléctrico) o de otro tipo.

Conductividad y resistividad

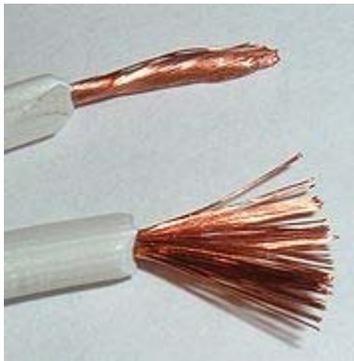


FIGURA 8: Conductor eléctrico de cobre.

La conductividad eléctrica es la propiedad de los materiales que cuantifica la facilidad con que las cargas pueden moverse cuando un material es sometido a un campo eléctrico. La resistividad es una magnitud inversa a la conductividad, aludiendo al grado de dificultad que encuentran los electrones en sus desplazamientos, dando una idea de lo buen o mal conductor que es. Un valor alto de resistividad indica que el material es mal conductor mientras que uno bajo indicará que es un buen conductor. Generalmente la resistividad de los metales aumenta con la temperatura, mientras que la de los semiconductores disminuye ante el aumento de la temperatura.

Los materiales se clasifican según su conductividad eléctrica o resistividad en conductores, dieléctricos, semiconductores y superconductores.

Conductores eléctricos. Son los materiales que, puestos en contacto con un cuerpo cargado de electricidad, transmiten ésta a todos los puntos de su

superficie. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como son el grafito, las soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) y cualquier material en estado de plasma. Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el metal más empleado es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos. Alternativamente se emplea el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión. Para aplicaciones especiales se utiliza como conductor el oro.

La conductividad eléctrica del cobre puro fue adoptada por la Comisión Electrotécnica Internacional en 1913 como la referencia estándar para esta magnitud, estableciendo el *International Annealed Copper Standard* (Estándar Internacional del Cobre Recocido) o IACS. Según esta definición, la conductividad del cobre recocido medida a 20 °C es igual a 0,58108 S/m. A este valor se lo denomina 100% IACS, y la conductividad del resto de los materiales se expresa como un cierto porcentaje de IACS. La mayoría de los metales tienen valores de conductividad inferiores a 100% IACS, pero existen excepciones como la plata o los cobres especiales de muy alta conductividad, designados C-103 y C-110.

Dieléctricos. Son los materiales que no conducen la electricidad, por lo que pueden ser utilizados como aislantes. Algunos ejemplos de este tipo de materiales son vidrio, cerámica, plásticos, goma, mica, cera, papel, madera seca, porcelana, algunas grasas para uso industrial y electrónico y la baquelita. Aunque no existen materiales absolutamente aislantes o conductores, sino mejores o peores conductores, son materiales muy utilizados para evitar cortocircuitos (forrando con ellos los conductores eléctricos, para mantener alejadas del usuario determinadas partes de los sistemas eléctricos que, de tocarse accidentalmente cuando se encuentran en tensión, pueden producir una descarga) y para confeccionar aisladores (elementos utilizados en las redes de distribución eléctrica para fijar los conductores a sus soportes sin que haya contacto eléctrico). Algunos materiales, como el aire o el agua, son aislantes bajo ciertas condiciones pero no para otras. El aire, por ejemplo, es aislante a temperatura ambiente pero, bajo condiciones de frecuencia de la señal y potencia relativamente bajas, puede convertirse en conductor.

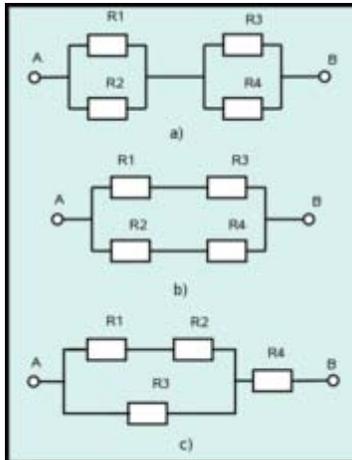


FIGURA 9: Asociaciones mixtas de resistencias: a) serie de paralelos, b) paralelo de series y c) otras posibles conexiones.

La conductividad se designa por la letra griega sigma minúscula (σ) y se mide en siemens por metro, mientras que la resistividad se designa por la letra griega *rho* minúscula (ρ) y se mide en ohms por metro ($\Omega \cdot m$, a veces también en $\Omega \cdot mm^2/m$).

La ley de Ohm describe la relación existente entre la intensidad de corriente que circula por un circuito, la tensión de esa corriente eléctrica y la resistencia que ofrece el circuito al paso de dicha corriente: la diferencia de potencial (V) es directamente proporcional a la intensidad de corriente (I) y a la resistencia (R). Se describe mediante la fórmula:

$$V = I \times R$$

Esta definición es válida para la corriente continua y para la corriente alterna cuando se trate de elementos resistivos puros, esto es, sin componente inductiva ni capacitiva. De existir estos componentes reactivos, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.

Corriente eléctrica

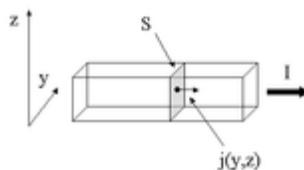


FIGURA 10: Relación existente entre la intensidad y la densidad de corriente.

Se denomina corriente eléctrica al flujo de carga eléctrica a través de un material sometido a una diferencia de potencial. Históricamente, se definió como un flujo de cargas positivas y se fijó el sentido convencional de circulación de la corriente como un flujo de cargas desde el polo positivo al negativo. Sin embargo,

posteriormente se observó, gracias al efecto Hall, que en los metales los portadores de carga son electrones, con carga negativa, y se desplazan en sentido contrario al convencional.

A partir de la corriente eléctrica se definen dos magnitudes: la intensidad y la densidad de corriente. El valor de la intensidad de corriente que atraviesa un circuito es determinante para calcular la sección de los elementos conductores del mismo.

La intensidad de corriente (I) en una sección dada de un conductor (s) se define como la carga eléctrica (Q) que atraviesa la sección en una unidad de tiempo (t):

$$I = \frac{dQ}{dt} . \text{ Si la intensidad de corriente es constante, entonces } I = \frac{Q}{t}$$

La densidad de corriente (j) es la intensidad de corriente que atraviesa una sección por unidad de superficie de la sección (S).

$$j = \frac{I}{S}$$

Corriente continua

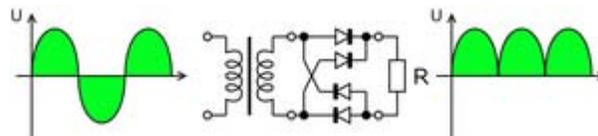


FIGURA 11: Rectificador de corriente alterna en continua, con puente de Graetz. Se emplea cuando la tensión de salida tiene un valor distinto de la tensión de entrada.

Se denomina corriente continua (CC en español, en inglés DC, de *Direct Current*) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí. Es errónea la identificación de la corriente continua con la corriente constante (ninguna lo es, ni siquiera la suministrada por una batería). Es continua toda corriente cuyo sentido de circulación es siempre el mismo, independientemente de su valor absoluto.

Su descubrimiento se remonta a la invención de la primera pila voltaica por parte del conde y científico italiano Alessandro Volta. No fue hasta los trabajos de Edison sobre la generación de electricidad, en las postrimerías del siglo XIX, cuando la corriente continua comenzó a emplearse para la transmisión de la energía eléctrica. Ya en el siglo XX este uso decayó en favor de la corriente alterna, que presenta menores pérdidas en la transmisión a largas distancias, si

bien se conserva en la conexión de redes eléctricas de diferentes frecuencias y en la transmisión a través de cables submarinos.

Actualmente (2008) se está extendiendo el uso de generadores de corriente continua a partir de células fotoeléctricas que permiten aprovechar la energía solar.

Cuando es necesario disponer de corriente continua para el funcionamiento de aparatos electrónicos, se puede transformar la corriente alterna de la red de suministro eléctrico mediante un proceso, denominado rectificación, que se realiza con unos dispositivos llamados rectificadores, basados en el empleo de diodos semiconductores o tiristores (antiguamente, también de tubos de vacío).

Corriente alterna

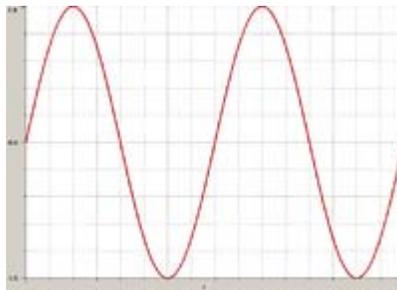


FIGURA 12: Onda senoidal.

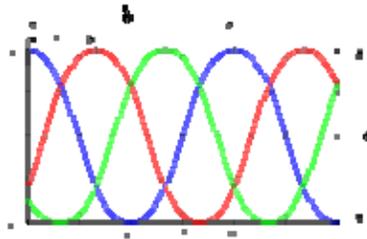


FIGURA 13: Voltaje de las fases de un sistema trifásico. Entre cada una de las fases hay un desfase de 120° .

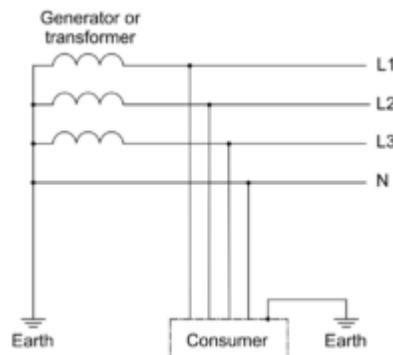


FIGURA 14: Esquema de conexión.

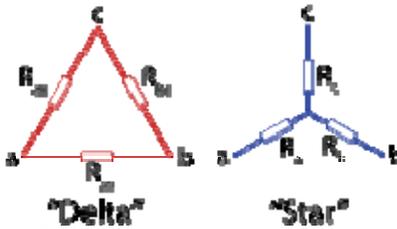


FIGURA 15: Conexión estrella/triángulo.

Se denomina corriente alterna (simbolizada CA en español y AC en inglés, de *Alternating Current*) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal. En el uso coloquial, "corriente alterna" se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas.

El sistema usado hoy en día fue ideado fundamentalmente por Nikola Tesla, y la distribución de la corriente alterna fue comercializada por George Westinghouse. Otros que contribuyeron al desarrollo y mejora de este sistema fueron Lucien Gaulard, John Gibbs y Oliver Challenger entre los años 1881 y 1889. La corriente alterna superó las limitaciones que aparecían al emplear la corriente continua (CC), la cual constituye un sistema ineficiente para la distribución de energía a gran escala debido a problemas en la transmisión de potencia.

La razón del amplio uso de la corriente alterna, que minimiza los problemas de transmisión de potencia, viene determinada por su facilidad de transformación, cualidad de la que carece la corriente continua. La energía eléctrica transmitida viene dada por el producto de la tensión, la intensidad y el tiempo. Dado que la sección de los conductores de las líneas de transporte de energía eléctrica depende de la intensidad, se puede, mediante un transformador, modificar el voltaje hasta altos valores (alta tensión), disminuyendo en igual proporción la intensidad de corriente. Esto permite que los conductores sean de menor sección y, por tanto, de menor costo; además, minimiza las pérdidas por efecto Joule, que dependen del cuadrado de la intensidad. Una vez en el punto de consumo o en sus cercanías, el voltaje puede ser de nuevo reducido para permitir su uso industrial o doméstico de forma cómoda y segura.

Las frecuencias empleadas en las redes de distribución son 50 y 60 Hz. El valor depende del país.

Corriente trifásica

Se denomina corriente trifásica al conjunto de tres corrientes alternas de igual frecuencia, amplitud y valor eficaz que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° , y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

La generación trifásica de energía eléctrica es más común que la monofásica y proporciona un uso más eficiente de los conductores. La utilización de electricidad en forma trifásica es mayoritaria para transportar y distribuir energía eléctrica y para su utilización industrial, incluyendo el accionamiento de motores. Las corrientes trifásicas se generan mediante alternadores dotados de tres bobinas o grupos de bobinas, arrolladas en un sistema de tres electroimanes equidistantes angularmente entre sí.

Los conductores de los tres electroimanes pueden conectarse en estrella o en triángulo. En la disposición en estrella cada bobina se conecta a una fase en un extremo y a un conductor común en el otro, denominado *neutro*. Si el sistema está equilibrado, la suma de las corrientes de línea es nula, con lo que el transporte puede ser efectuado usando solamente tres cables. En la disposición en triángulo o delta cada bobina se conecta entre dos hilos de fase, de forma que un extremo de cada bobina está conectado con otro extremo de otra bobina.

El sistema trifásico presenta una serie de ventajas, tales como la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más finos que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como su elevado rendimiento de los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada, como en el caso de la línea monofásica.

Tesla fue el inventor que descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna. Él inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía al planeta.

Corriente monofásica

Se denomina corriente monofásica a la que se obtiene de tomar una fase de la corriente trifásica y un cable neutro. En España y demás países que utilizan valores similares para la generación y transmisión de energía eléctrica, este tipo de corriente facilita una tensión de 220/230 voltios, lo que la hace apropiada para que puedan funcionar adecuadamente la mayoría de electrodomésticos y luminarias que hay en las viviendas.

Desde el centro de transformación más cercano hasta las viviendas se disponen cuatro hilos: un neutro (N) y tres fases (R, S y T). Si la tensión entre dos fases cualesquiera (tensión de línea) es de 380 voltios, entre una fase y el neutro es de 220 voltios. En cada vivienda entra el neutro y una de las fases, conectándose varias viviendas a cada una de las fases y al neutro; esto se llama corriente monofásica. Si en una vivienda hay instalados aparatos de potencia eléctrica alta (aire acondicionado, motores, etc., o si es un taller o una empresa industrial) habitualmente se les suministra directamente corriente trifásica que ofrece una tensión de 380 voltios.

Circuitos

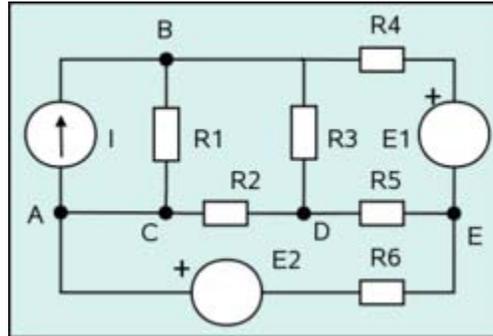


FIGURA 16: Ejemplo de circuito eléctrico.

En electricidad y electrónica se denomina *circuito* a un conjunto de componentes pasivos y activos interconectados entre sí por conductores de baja resistencia. El nombre implica que el camino de la circulación de corriente es cerrado, es decir, sale por un borne de la fuente de alimentación y regresa en su totalidad (salvo pérdidas accidentales) por el otro. En la práctica es difícil diferenciar nítidamente entre circuitos eléctricos y circuitos electrónicos. Las instalaciones eléctricas domiciliarias se denominan usualmente circuitos eléctricos, mientras que los circuitos impresos de los aparatos electrónicos se denominan por lo general circuitos electrónicos. Esto sugiere que los últimos son los que contienen componentes semiconductores, mientras que los primeros no, pero las instalaciones domiciliarias están incorporando crecientemente no sólo semiconductores sino también microprocesadores, típicos dispositivos electrónicos.

El comportamiento de los circuitos eléctricos que contienen solamente resistencias y fuentes electromotrices de corriente continua está gobernado por las Leyes de Kirchoff. Para estudiarlo, el circuito se descompone en mallas eléctricas, estableciendo un sistema de ecuaciones lineales cuya resolución brinda los valores de los voltajes y corrientes que circulan entre sus diferentes partes.

La resolución de circuitos de corriente alterna requiere la ampliación del concepto de resistencia eléctrica, ahora ampliado por el de impedancia para incluir los comportamientos de bobinas y condensadores. La resolución de estos circuitos puede hacerse con generalizaciones de las leyes de Kirchoff, pero requiere usualmente métodos matemáticos avanzados, como el de Transformada de Laplace, para describir los comportamientos transitorios y estacionarios de los mismos.

Potencia eléctrica

Se denomina potencia eléctrica (P) a la energía eléctrica consumida por unidad de tiempo. En el Sistema Internacional de Unidades se mide en vatios (W), unidad equivalente a julios por segundo (J/s).

La energía consumida por un dispositivo eléctrico se mide en vatios-hora (Wh), o en kilovatios-hora (kWh). Normalmente las empresas que suministran energía eléctrica a la industria y los hogares, en lugar de facturar el consumo en vatios-hora, lo hacen en kilovatios-hora (kWh). La potencia en vatios (W) o kilovatios (kW) de todos los aparatos eléctricos debe figurar junto con la tensión de alimentación en una placa metálica ubicada, generalmente, en la parte trasera de dichos equipos. En los motores, esa placa se halla colocada en uno de sus costados y en el caso de las bombillas de alumbrado el dato viene impreso en el cristal o en su base.

Cuando se trata de corriente continua (DC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto es: $P = V \cdot I$

Cuando el dispositivo es una resistencia de valor R o se puede calcular la resistencia equivalente del dispositivo, a partir de ella la potencia también puede

calcularse como
$$P = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R}$$

Potencia de cargas reactivas

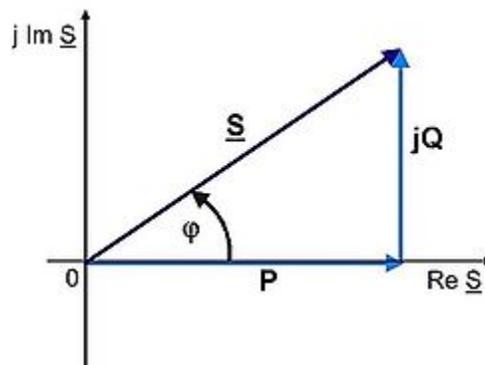


FIGURA 17: Relación entre potencias activas, aparentes y reactivas.

Para calcular la potencia de algunos tipos de equipos que trabajan con corriente alterna, es necesario tener en cuenta también el valor del factor de potencia o coseno de phi ($\cos\phi$) que poseen. En ese caso se encuentran los equipos que trabajan con carga reactiva o inductiva, es decir, aquellos aparatos que para funcionar utilizan una o más bobinas o enrollado de alambre de cobre, como

ocurre, por ejemplo, con los motores eléctricos, o también con los aparatos de aire acondicionado o los tubos fluorescentes.

Las cargas reactivas o inductivas, que poseen los motores eléctricos, tienen un factor de potencia menor que “1” (generalmente su valor varía entre 0,85 y 0,98), por lo cual la eficiencia de trabajo del equipo en cuestión y de la red de suministro eléctrico disminuye cuando el factor se aleja mucho de la unidad, traduciéndose en un mayor gasto de energía y en un mayor desembolso económico.

Potencia activa

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi = I \cdot Z \cdot I \cos \phi = I^2 \cdot Z \cdot \cos \phi = I^2 \cdot R$$

Resultado que indica que la potencia activa es debida a los elementos resistivos.

Descargas eléctricas atmosféricas



FIGURA 18: Centella atraída por un automóvil en movimiento.

El fenómeno eléctrico más común del mundo inorgánico son las descargas eléctricas atmosféricas denominadas rayos y relámpagos. Debido al rozamiento de las partículas de agua o hielo con el aire, se produce la creciente separación de cargas eléctricas positivas y negativas en las nubes, separación que genera campos eléctricos. Cuando el campo eléctrico resultante excede el de ruptura dieléctrica del medio, se produce una descarga entre dos partes de una nube, entre dos nubes diferentes o entre la parte inferior de una nube y tierra. Esta descarga ioniza el aire por calentamiento y excita transiciones electrónicas moleculares. La brusca dilatación del aire genera el trueno, mientras que el decaimiento de los electrones a sus niveles de equilibrio genera radiación electromagnética, luz.

Son de origen similar las centellas y el fuego de San Telmo. Este último es común en los barcos durante las tormentas y es similar al efecto corona que se produce en algunos cables de alta tensión.

El daño que producen los rayos a las personas y sus instalaciones pueden prevenirse derivando la descarga a tierra, de modo inocuo, mediante pararrayos.

Campo magnético terrestre



FIGURA 19: Aurora boreal.

Aunque no se puede verificar experimentalmente, la existencia del campo magnético terrestre se debe casi seguramente a la circulación de cargas en el núcleo externo líquido de la Tierra. La hipótesis de su origen en materiales con magnetización permanente, como el hierro, parece desmentida por la constatación de las inversiones periódicas de su sentido en el transcurso de las eras geológicas, donde el polo norte magnético es remplazado por el sur y viceversa. Medido en tiempos humanos, sin embargo, los polos magnéticos son estables, lo que permite su uso, mediante el antiguo invento chino de la brújula, para la orientación en el mar y en la tierra.

El campo magnético terrestre desvía las partículas cargadas provenientes del Sol (viento solar). Cuando esas partículas chocan con los átomos y moléculas de oxígeno y nitrógeno de la magnetosfera, se produce un efecto fotoeléctrico mediante el cual parte de la energía de la colisión excita los átomos a niveles de energía tales que cuando dejan de estar excitados devuelven esa energía en forma de luz visible. Este fenómeno puede observarse a simple vista en las cercanías de de los polos, en las auroras polares.

Mediciones eléctricas

Unidades eléctricas

Culombio (C, unidad de carga eléctrica)

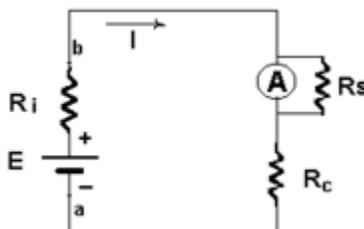


FIGURA 20: Conexión de un amperímetro en un circuito.

La introducción de las magnitudes eléctricas requiere añadir una nueva unidad fundamental a la física: la de carga eléctrica. Esta unidad, que no puede derivarse de las unidades de la mecánica, fue originalmente denominada Coulomb (término castellanizado a culombio, cuyo símbolo es C) en honor a Charles-Augustin de Coulomb, primero que midió directamente la fuerza entre cargas eléctricas. Debido a la gran dificultad de medir directamente las cargas eléctricas con precisión, se ha tomado como unidad básica la unidad de corriente eléctrica, que en el Sistema Internacional de Unidades es el amperio. La unidad de carga resulta entonces una unidad derivada, que se define como la cantidad de carga eléctrica que fluye durante 1 segundo a través de la sección de un conductor que transporta una intensidad constante de corriente eléctrica de 1 amperio:

$$C = A \cdot s$$

Voltio (V, unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz)

El voltio se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente con una intensidad de un amperio utiliza un vatio de potencia:

$$V = \frac{J}{C} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^3 \cdot A}$$

Ohmio (Ω , unidad de resistencia eléctrica)

Un ohmio es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 voltio aplicada entre estos dos puntos produce, en dicho conductor, una corriente de intensidad 1 amperio, cuando no haya fuerza electromotriz en el conductor:

$$\Omega = \frac{V}{A} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^3 \cdot A^2}$$

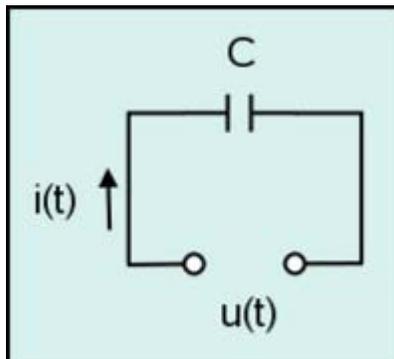


FIGURA 21: Condensador ideal cuya capacidad se expresa en faradios. Siemens (S, unidad de conductancia eléctrica)

Un siemens es la conductancia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor que tiene un ohmio de resistencia:

$$S = \frac{1}{\Omega}$$

Faradio (F, unidad de capacidad eléctrica)

Un faradio es la capacidad de un capacitor entre cuyas armaduras aparece una diferencia de potencial eléctrico de 1 voltio cuando está cargado de una cantidad de electricidad igual a un culombio:

$$F = \frac{A \cdot s}{V} = \frac{C}{V} = \frac{C^2}{J} = \frac{C^2}{N \cdot m} = \frac{s^2 \cdot C^2}{m^2 \cdot kg} = \frac{s^4 \cdot A^2}{m^2 \cdot kg}$$

Tesla (T, unidad de densidad de flujo magnético e inductividad magnética)

Un tesla es una inducción magnética uniforme que, repartida normalmente sobre una superficie de un metro cuadrado, produce a través de esta superficie un flujo magnético total de un weber:

$$T = \frac{Wb}{m^2} = \frac{V \cdot s}{m^2} = \frac{kg}{s^2 \cdot A}$$

Weber (Wb, unidad de flujo magnético)

Un weber es el flujo magnético que, al atravesar un circuito de una sola espira, produce en la misma una fuerza electromotriz de 1 voltio si se anula dicho flujo en 1 segundo por decrecimiento uniforme:

$$Wb = V \cdot s = T \cdot m^2 = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2 \cdot A}$$

Henrio (H, unidad de inductancia)

Un henrio es la inductancia de un circuito en el que una corriente que varía a razón de un amperio por segundo da como resultado una fuerza electromotriz autoinducida de un voltio:

$$H = \frac{V \cdot s}{A} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2 \cdot A^2}$$

Instrumentos de medida

Se denominan instrumentos de medidas de electricidad a todos los dispositivos que se utilizan para medir las magnitudes eléctricas y asegurar así el buen funcionamiento de las instalaciones y máquinas eléctricas. La mayoría son aparatos portátiles de mano y se utilizan para el montaje; hay otros instrumentos que son conversores de medida y otros métodos de ayuda a la medición, el análisis y la revisión. La obtención de datos cobra cada vez más importancia en el ámbito industrial, profesional y privado. Se demandan, sobre todo, instrumentos de

medida prácticos, que operen de un modo rápido y preciso y que ofrezcan resultados durante la medición.



FIGURA 22: Principio de funcionamiento de un galvanómetro.

Existen muchos tipos de instrumentos diferentes siendo los más destacados los amperímetros, voltímetros, óhmetros, multímetros y osciloscopios.

Galvanómetro

Los galvanómetros son aparatos que se emplean para indicar el paso de corriente eléctrica por un circuito y para la medida precisa de su intensidad. Suelen estar basados en los efectos magnéticos o térmicos causados por el paso de la corriente.

En un galvanómetro de imán móvil la aguja indicadora está asociada a un imán que se encuentra situado en el interior de una bobina por la que circula la corriente que tratamos de medir y que crea un campo magnético que, dependiendo del sentido de la misma, produce una atracción o repulsión del imán proporcional a la intensidad de dicha corriente.

En el caso de los galvanómetros térmicos, lo que se pone de manifiesto es el alargamiento producido al calentarse, por el *Efecto Joule*, al paso de la corriente, un hilo muy fino arrollado a un cilindro solidario con la aguja indicadora.

Amperímetros



FIGURA 23: Amperímetro de pinza.

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. En su diseño original los amperímetros están constituidos, en esencia, por un galvanómetro cuya escala ha

sido graduada en amperios. En la actualidad, los amperímetros utilizan un conversor analógico/digital para la medida de la caída de tensión sobre un resistor por el que circula la corriente a medir. La lectura del conversor es leída por un microprocesador que realiza los cálculos para presentar en un display numérico el valor de la corriente circulante.

Para efectuar la medida de la intensidad de la corriente circulante el amperímetro ha de colocarse *en serie*, para que sea atravesado por dicha corriente. Esto lleva a que el amperímetro debe poseer una resistencia interna lo más pequeña posible, a fin de que no produzca una caída de tensión apreciable. Para ello, en el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, están dotados de bobinas de hilo grueso y con pocas espiras.

Voltímetros

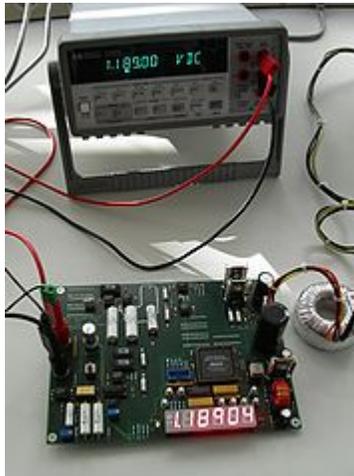


FIGURA 24: Dos voltímetros digitales.

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos de un circuito eléctrico cerrado pero a la vez abierto en los polos. Los voltímetros se clasifican por su funcionamiento mecánico, siendo en todos los casos el mismo instrumento:

Voltímetros electromecánicos: en esencia, están constituidos por un galvanómetro cuya escala ha sido graduada en voltios. Existen modelos que separan las corrientes continua y alterna de la señal, pudiendo medirlas independientemente.

Voltímetros electrónicos: añaden un amplificador para proporcionar mayor impedancia de entrada y mayor sensibilidad.

Voltímetros vectoriales: se utilizan con señales de microondas. Además del módulo de la tensión dan una indicación de su fase.

Voltímetros digitales: dan una indicación numérica de la tensión, normalmente en una pantalla tipo LCD. Suelen tener prestaciones adicionales como memoria,

detección de valor de pico, verdadero valor eficaz (RMS), selección automática de rango y otras funcionalidades.

Para efectuar la medida de la diferencia de potencial el voltímetro ha de colocarse *en paralelo*, esto es, en derivación sobre los puntos entre los que se trata de efectuar la medida. Para ello, en el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, están dotados de bobinas de hilo muy fino y con muchas espiras, con lo que con poca intensidad de corriente a través del aparato se consigue la fuerza necesaria para el desplazamiento de la aguja indicadora.

Óhmetro



FIGURA 25: Óhmetro.

Un óhmetro u ohmímetro es un instrumento para medir la resistencia eléctrica. El diseño de un óhmetro se compone de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro medir la corriente que circula a través de la resistencia. La escala del galvanómetro está calibrada directamente en ohmios, ya que en aplicación de la ley de Ohm, al ser el voltaje de la batería fijo, la intensidad circulante a través del galvanómetro sólo va a depender del valor de la resistencia bajo medida, esto es, a menor resistencia mayor intensidad de corriente y viceversa.

Existen también otros tipos de óhmetros más exactos y sofisticados, en los que la batería ha sido sustituida por un circuito que genera una corriente de intensidad constante I , la cual se hace circular a través de la resistencia R bajo prueba. Un óhmetro de precisión tiene cuatro terminales, denominados contactos Kelvin. Dos terminales llevan la corriente constante desde el medidor a la resistencia, mientras que los otros dos permiten la medida del voltaje directamente entre terminales de la misma, con lo que la caída de tensión en los conductores que aplican dicha corriente constante a la resistencia bajo prueba no afecta a la exactitud de la medida.

Multímetro



FIGURA 26: Multímetro digital donde pueden medirse varias magnitudes eléctricas.

Un multímetro, llamado también polímetro o *tester*, es un instrumento que ofrece la posibilidad de medir distintas magnitudes en el mismo aparato. Las más comunes son las de voltímetro, amperímetro y óhmetro. Es utilizado frecuentemente por el personal técnico en toda la gama de electrónica y electricidad. Existen distintos modelos que incorporan además de las tres funciones básicas antes citadas otras mediciones importantes, tales como medida de inductancias y capacitancias; comprobador de diodos y transistores; o escalas y zócalos para la medida de temperatura mediante termopares normalizados.

También hay multímetros con funciones avanzadas que permiten: generar y detectar la frecuencia intermedia de un aparato, así como un circuito amplificador con altavoz para ayudar en la sintonía de circuitos de estos aparatos; el seguimiento de la señal a través de todas las etapas del receptor bajo prueba; realizar la función de osciloscopio por encima del millón de muestras por segundo en velocidad de barrido, y muy alta resolución; sincronizarse con otros instrumentos de medida, incluso con otros multímetros, para hacer medidas de potencia puntual (potencia = voltaje * intensidad); utilizarse como aparato telefónico, para poder conectarse a una línea telefónica bajo prueba, mientras se efectúan medidas por la misma o por otra adyacente; realizar comprobaciones de circuitos de electrónica del automóvil y grabación de ráfagas de alto o bajo voltaje.

Este instrumento de medida por su precio y su exactitud sigue siendo el preferido del aficionado o profesional en electricidad y electrónica. Hay dos tipos de multímetros: analógicos y digitales.

Osciloscopio



FIGURA 27: Osciloscopio Tektronik.

Se denomina osciloscopio a un instrumento de medición electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo, que permite visualizar fenómenos transitorios así como formas de ondas en circuitos eléctricos y electrónicos y mediante su análisis se puede diagnosticar con facilidad cuáles son los problemas del funcionamiento de un determinado circuito. Es uno de los instrumentos de medida y verificación eléctrica más versátiles que existen y se utiliza en una gran cantidad de aplicaciones técnicas. Un osciloscopio puede medir un gran número de fenómenos, si va provisto del transductor adecuado.

El osciloscopio presenta los valores de las señales eléctricas en forma de coordenadas en una pantalla, en la que normalmente el eje X (horizontal) representa tiempos y el eje Y (vertical) representa tensiones. La imagen así obtenida se denomina oscilograma. Suelen incluir otra entrada, llamada "eje Z" que controla la luminosidad del haz, permitiendo resaltar o apagar algunos segmentos de la traza. El funcionamiento del osciloscopio está basado en la posibilidad de desviar un haz de electrones por medio de la creación de campos eléctricos y magnéticos. Las dimensiones de la pantalla del TRC están actualmente normalizadas en la mayoría de instrumentos, a 10 cm en el eje horizontal (X) por 8 cm en el eje vertical (Y).

El osciloscopio se fabrica bajo muchas formas distintas, no sólo en cuanto al aspecto puramente físico sino en cuanto a sus características internas y por tanto a sus prestaciones y posibilidades de aplicación de las mismas. Existen dos tipos de osciloscopios: analógicos y digitales. Los analógicos trabajan con variables continuas mientras que los digitales lo hacen con variables discretas. Ambos tipos tienen sus ventajas e inconvenientes. Los analógicos son preferibles cuando es prioritario visualizar variaciones rápidas de la señal de entrada en tiempo real. Los osciloscopios digitales se utilizan cuando se desea visualizar y estudiar eventos no repetitivos, como picos de tensión que se producen aleatoriamente.

Analizador de espectro



FIGURA 28: Analizador de espectro.

Un analizador de espectro es un equipo de medición electrónica que permite visualizar en una pantalla las componentes espectrales de las señales presentes en la entrada, pudiendo ser éstas cualquier tipo de ondas eléctricas, acústicas u ópticas.

En el eje de ordenadas suele presentarse en una escala logarítmica el nivel en dB del contenido espectral de la señal. En el eje de abscisas se representa la frecuencia, en una escala que es función de la separación temporal y el número de muestras capturadas. Se denomina *frecuencia central* del analizador a la que corresponde con la frecuencia en el punto medio de la pantalla. A menudo se mide con ellos el espectro de la potencia eléctrica.

En la actualidad está siendo reemplazado por el analizador vectorial de señales.

CAPITULO 1: SISTEMA DE TIERRAS.

1.1.- DEFINICIÓN DE “PUESTA A TIERRA.”

La denominación “Puesta a Tierra” comprende cualquier unión metálica directa, sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre una parte de una instalación y un electrodo o placa metálica, de dimensiones y situación tales que, en todo momento, pueda asegurarse que el conjunto está prácticamente al mismo potencial de la tierra.



FIGURA 1.1 RAYOS.

1.2.- NORMAS PRINCIPALES.

Puesta a tierra... (NEC 250 - 02)

1. Los sistemas eléctricos deben de estar aterrizados de forma que limiten el voltaje creado por rayos, transitorios en la línea o por contacto con líneas de alto voltaje con el fin de estabilizar el voltaje a tierra durante la operación normal.

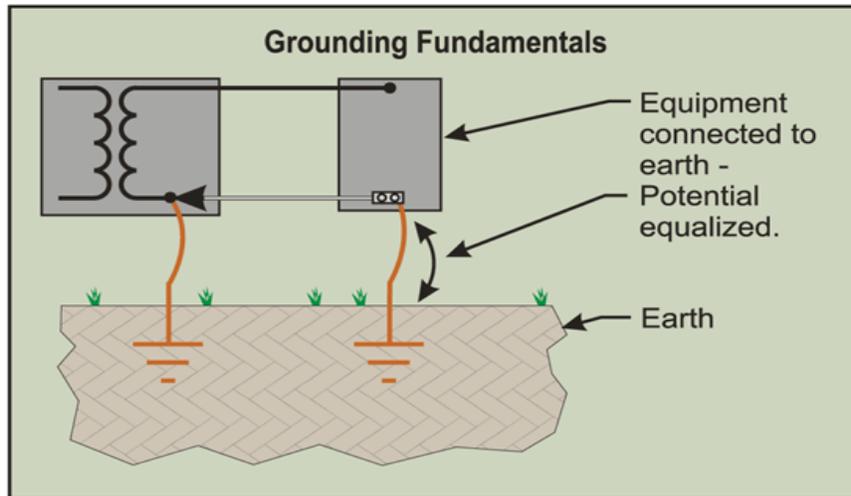


FIGURA 1.2 ENLACE DE TIERRAS.

¿Para qué sirve? (NEC 250 - 02)

Materiales conductivos que protejan conductores eléctricos o equipos deben de estar conectados a tierra para limitar el voltaje a tierra en estos materiales. Estos materiales deben de estar conectados entre ellos y a su vez deben de estar conectados al conductor de tierra del sistema eléctrico, de manera que se establezca un camino efectivo para las corrientes de fallo.



FIGURA 1.3 ATERRIZAMIENTO DE CARCAZA.

Puntos Importantes NEC 250-28

- 250-28 Puente principal.

En un sistema aterrizado debe de existir un puente para conectar el conductor principal de tierra y el tablero principal.

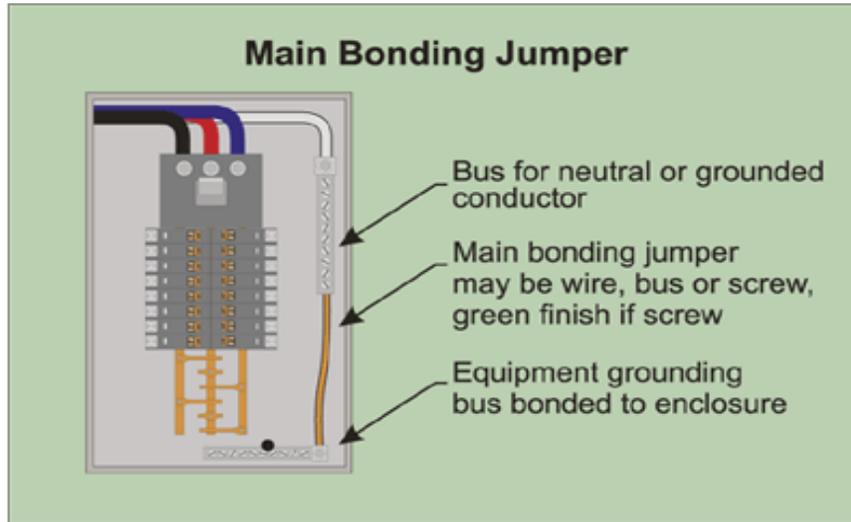


FIGURA 1.4 PUENTE PRINCIPAL.

Puntos Importantes NEC 250-32

- 250-32 Dos edificios o estructuras alimentadas por la misma línea de AC. Cuando dos líneas o estructuras están alimentadas por la misma línea de AC estas deben de utilizar el mismo sistema de tierra.

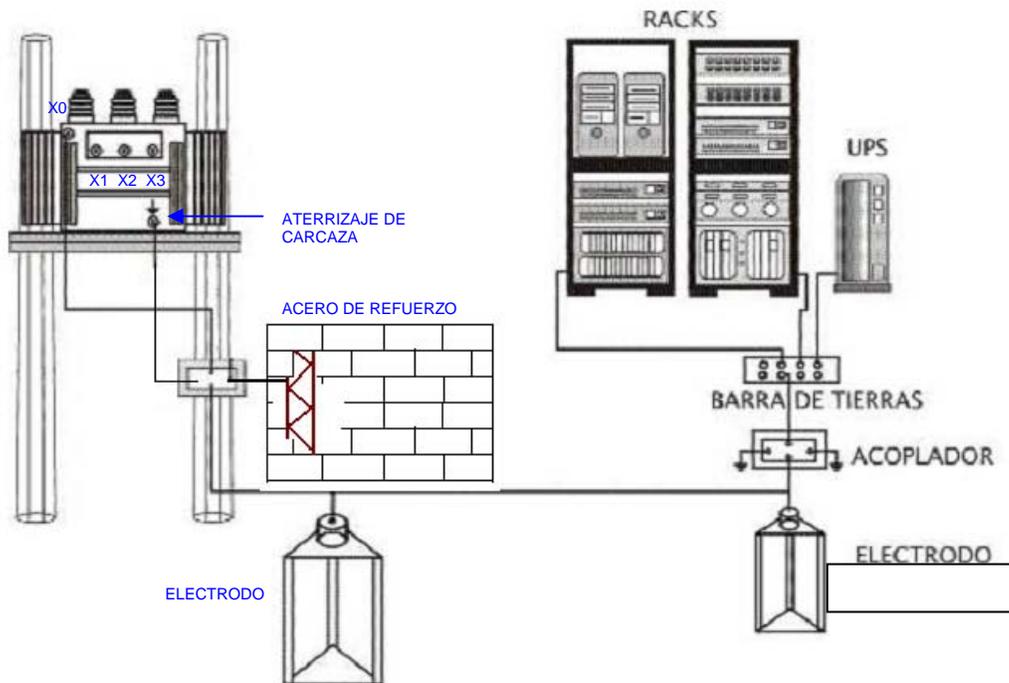


FIGURA 1.5 SISTEMA DE TIERRA ALIMENTADO POR LA MISMA LINEA.

Puntos Importantes NEC 250

- 250-50 Son electrodos del sistema de tierra.
 - a) Tuberías enterradas de agua.
 - b) Estructura de metal del edificio.
 - c) Estructura ahogada en concreto.
 - d) Mallas de tierra.

- 250-52 Electrodos especialmente fabricados.

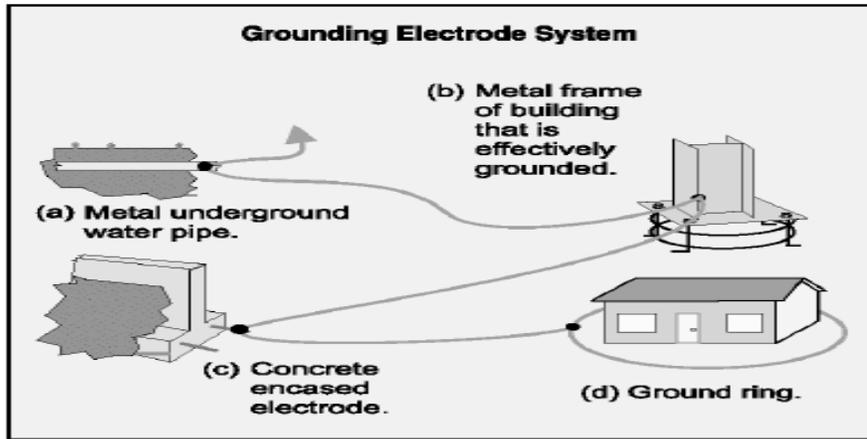


FIGURA 1.6 ELECTRODOS ADICIONALES.

NOM-001-SEDE-1999

- 250-83. Electrodo especialmente contruidos.

Los electrodos especialmente contruidos deben estar libres de recubrimientos no-conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para el sistema de puesta a tierra, todos ellos (incluidos los que se utilicen como varillas de pararrayos) no deben estar a menos de 1,8 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra.

NOM-001-SEDE-1999, 250-83

Dos o más electrodos de puesta a tierra que estén efectivamente conectados entre sí, se deben considerar como un solo sistema de electrodos de puesta a tierra.

c) Electrodos de varilla o tubería.

Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2,4 m de longitud.



FIGURA 1.7 VARILLA DE TIERRA.

NOM-022-STPS-1999

Los valores de la resistencia para instalaciones eléctricas deben estar comprendidos entre 0 y 25 ohm, y para sistemas de pararrayos, la resistencia de la red de tierras debe tener un valor no mayor a 10 ohm.

NOM-022-STPS-1999.

Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo. Última modificación del 24 de Febrero de 1998.

NOM-001-SEDE-1999.

Relativa a las instalaciones destinadas al suministro, uso y utilización de la energía eléctrica. Última modificación del 24 de Febrero de 1998.

NEC-1999.

Relativa al suministro, uso y utilización de la energía eléctrica Normativa originaria de Estados Unidos de América con aplicación a nivel internacional y de la cual se deriva la NOM-001-1999.

De igual manera se tomaron en cuenta las recomendaciones de organismos especializados nacionales e internacionales, como son:

IIE.

Instituto de Investigaciones Eléctricas de México.

NFPA.

National Fire Protección, organismo reconocido internacionalmente por sus aportaciones y recomendaciones enfocadas a la protección contra factores de riesgo en incendios.

IEEE.

Relativa a las instalaciones destinadas al suministro, uso y utilización de la energía eléctrica.

NOM-001-SEDE-1999.

Relativa a las instalaciones destinadas al suministro, uso y utilización de la

energía eléctrica. Última modificación del 24 de Febrero de 1998.

250-81. Sistema de electrodos de puesta a tierra. Si existen en la propiedad, en cada edificio o estructura perteneciente a la misma, los elementos (a) a (d) que se indican a continuación y cualquier electrodo prefabricado instalado de acuerdo con lo indicado en 250-83(c) y (d), se deben conectar entre sí para formar el sistema de electrodos de puesta a tierra. Los puentes de unión se deben instalar de acuerdo con lo indicado en 250-92(a) y (b), deben dimensionarse según lo establecido en 250-94 y deben conectarse como se indica en 250-115.

Se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra sin empalmes llegue hasta cualquier electrodo de puesta a tierra disponible en el sistema de electrodos de puesta a tierra. Debe dimensionarse de acuerdo con el conductor para electrodo de puesta a tierra exigido entre todos los electrodos disponibles.

Excepción 1: Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra mediante conectadores a presión aprobados y listados para este fin o mediante el proceso de soldadura exotérmica.

La tubería metálica interior para agua situada a más de 1,5 m del punto de entrada en el edificio, no se debe utilizar como parte de la instalación del electrodo de puesta a tierra o como conductor para conectar electrodos que formen parte de dicha instalación.

Excepción 2: En las construcciones industriales y comerciales, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado atiende la instalación y la tubería metálica interior para agua que se vaya a utilizar como conductor esté expuesta en toda su longitud.

a) Tubería metálica subterránea para agua. Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3 m o más (incluidos los ademes metálicos de pozos efectivamente conectados a la tubería) y con continuidad eléctrica (o continua eléctricamente mediante puenteo de las conexiones alrededor de juntas aislantes, o secciones aislantes de tubos) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los puentes de unión. La continuidad de la tierra o de la conexión del puente de unión al interior de la tubería no se debe hacer a través de medidores de consumo de

agua, filtros o equipo similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar mediante un electrodo adicional del tipo especificado en 250-81 o 250-83. Se permite que este electrodo suplementario vaya conectado al conductor del electrodo de puesta a tierra, el conductor de la acometida puesto a tierra, la canalización de la acometida conectada a tierra o cualquier envolvente de la acometida puesto a tierra.

Cuando este electrodo suplementario sea prefabricado como se establece en 250-83(c) o (d), se permite que la parte del puente de unión que constituya la única conexión con dicho electrodo suplementario no sea mayor que un cable de cobre de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) o un cable de aluminio de $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG).

Excepción: Se permite que el electrodo suplementario vaya conectado al interior de la tubería metálica para agua en cualquier punto que resulte conveniente, como se explica en la Excepción 2 de 250-81

b) Estructura metálica del edificio. La estructura metálica del edificio, cuando esté puesta a tierra eficazmente.

c) Electrodo empotrado en concreto. Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no-menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6,1 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG)

d) Anillo de tierra. Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no-inferior a 800 mm que conste como mínimo en 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a $33,62 \text{ mm}^2$ (2 AWG).

250-83. Electrodo especialmente contruidos. Cuando no se disponga de ninguno de los electrodos especificados en 250-81, se debe usar uno o más de los electrodos especificados en los incisos a continuación. Cuando sea posible, los electrodos contruidos especialmente se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente. Los electrodos especialmente contruidos deben estar

libres de recubrimientos no-conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para el sistema de puesta a tierra, todos ellos (incluidos los que se utilicen como varillas de pararrayos) no deben estar a menos de 1,8 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra. Dos o más electrodos de puesta a tierra que estén efectivamente conectados entre sí, se deben considerar como un solo sistema de electrodos de puesta a tierra.

a) Sistema de tubería metálica subterránea de gas. No se debe usar como electrodo de puesta a tierra un sistema de tubería metálica subterránea de gas.

b) Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos. Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tubería y tanques subterráneos.

c) Electrodos de varilla o tubería. Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2,4 m de longitud, deben ser del material especificado a continuación y estar instalados del siguiente modo:

1) Los electrodos consistentes en tubería o tubo (conduit) no deben tener un tamaño nominal inferior a 19 mm (diámetro) y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

2) Los electrodos de varilla de hierro o de acero deben tener como mínimo un diámetro de 16 mm. Las varillas de acero inoxidable inferiores a 16 mm de diámetro, las de metales no-ferrosos o sus equivalentes, deben estar aprobadas y tener un diámetro no-inferior a 13 mm.

3) El electrodo se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo un mínimo de 2,4 m. Se debe clavar a una profundidad no-inferior a 2,4 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical, o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 800 mm de profundidad. El extremo superior del electrodo debe quedar a nivel del piso, excepto si el extremo superior del electrodo y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daño físico, como se especifica en 250-117.

d) Electrodo de placas. Los electrodos de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de 0,2 m² de superficie. Los electrodos de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de metales no-ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.

e) Electrodo de aluminio. No está permitido utilizar electrodos de aluminio.

1.3.- ¿QUÉ OBTENGO AL CONECTAR MI SISTEMA A TIERRA?

- Evitar el peligro del contacto del personal con partes u objetos metálicos que no deberían conducir en condiciones normales de operación, pero que por falla se encuentran energizados.
- Garantizar la operación de los elementos de protección.
- Limitar el voltaje debido a rayos proveyendo una ruta para descarga.
- Limitar el voltaje debido a contacto accidental de los conductores no puestos a tierra.
- Estabilizar el voltaje durante operaciones normales.
- Previene la acumulación de cargas electrostáticas.
- Cumplimiento con la garantía de los equipos.
- Minimiza las emisiones EMI/RFI.
- Establecimiento de pantallas electromagnéticas para equipos sensitivos para alta frecuencia.
- Cumplimiento con el código eléctrico.

1.4.- EJEMPLOS

POTENCIA

- Puesta a tierra de los sistemas eléctricos:
Su propósito es dar un camino seguro a las corrientes generadas por rayos, fenómenos de inducción o corto circuitos.

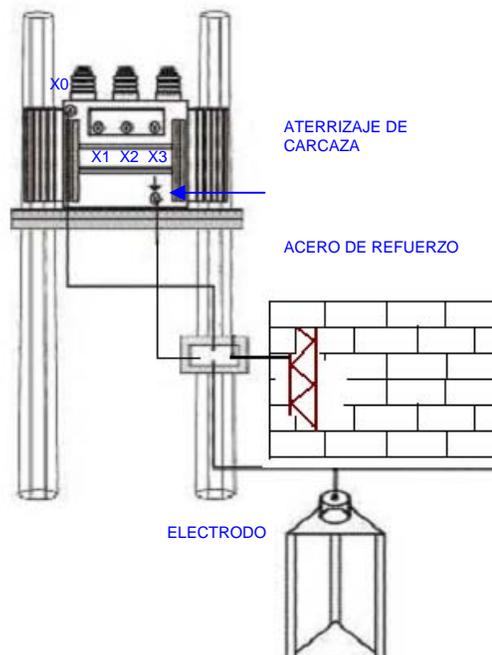


FIGURA 1.8 EJEMPLOS DE SISTEMA DE TIERRA DE POTENCIA.

CERO LÓGICO

- Proporciona a los equipos electrónicos una referencia para que funcionen correctamente.
- Evitar contaminación con ruidos de altas frecuencias.
- Evitar daño de semiconductores que se protegen con dispositivos conectados a tierra.



CERO LÓGICO

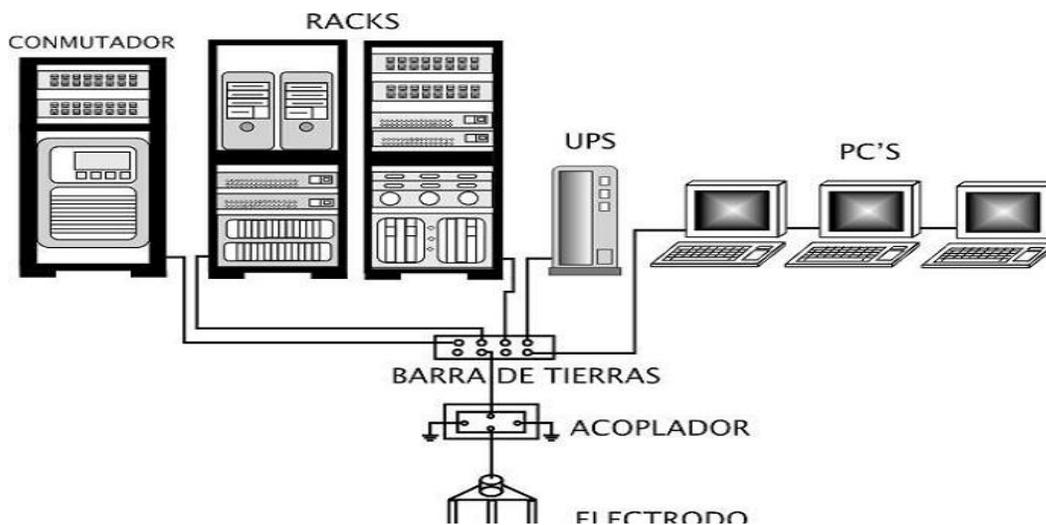


FIGURA 1.9 EJEMPLO DE SISTEMA DE TIERRA EN CERO LOGICO.

MASAS.

Puesta a tierra de los equipos eléctricos. Su propósito es eliminar el peligro por un voltaje de toque y permitir que operen las protecciones por sobrecorrientes de los equipos.



MASAS

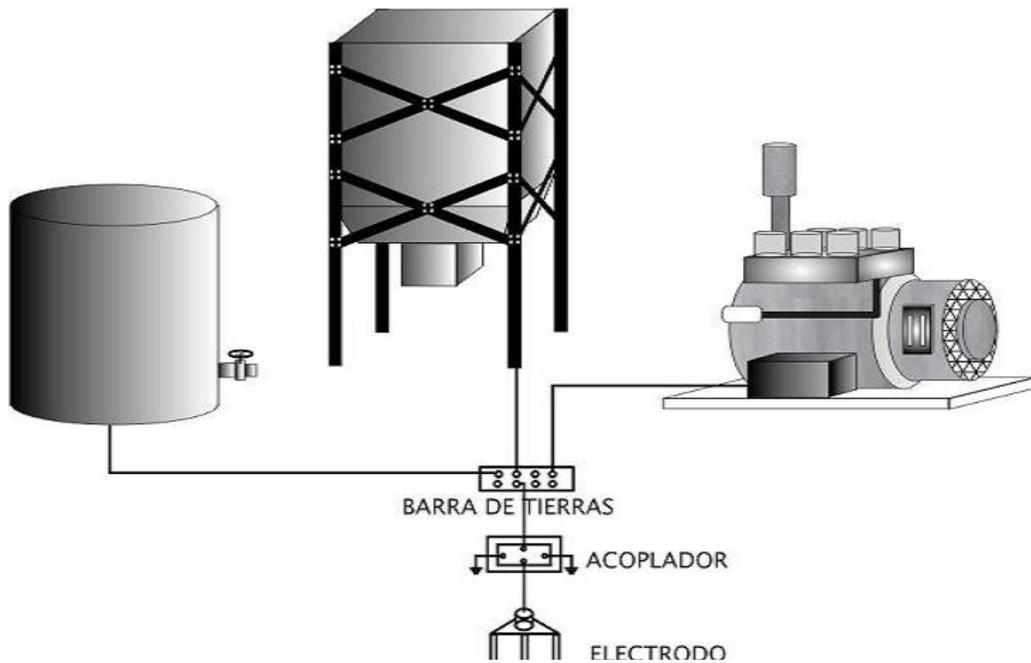


FIGURA 1.10 EJEMPLO DE SISTEMA DE TIERRA DE MASAS.

1.5.- PREPARACIÓN DE LOS CONDUCTORES Y SUPERFICIES

1.- Preparación del Cable

- a.- Los conductores deben estar limpios y secos
- b.- Se deben remover residuos de Grasa y Aceite.
- c.- Utilizar un sujetador de cables (B265) para conductores que estén sometidos a tensión y prevenir movimientos de los mismos.

2.- Preparación de las Varillas para Tierra

- a.- Los extremos de varillas que han sido golpeadas para enterrarlas y se les ha formado “cabeza de hongo”, se les debe cortar la parte dañada para que puedan entrar en el molde
- b.- La varilla debe estar limpia para asegurar una buena conexión
- c.- Se debe limpiar la corrosión de la varilla ya que ésta puede causar porosidades en la conexión

3. Preparación de las Superficies de Acero

- a.- La superficie donde se hará la conexión, debe estar limpia y seca
- b.- A las superficies de acero galvanizado se les debe quitar el acabado con una raspadora T321

4. Preparación de la Varilla de Refuerzo

- a. La superficie donde se hará la conexión, debe estar limpia y seca
- b. Si la varilla tiene protección contra la corrosión (capa epóxica), ésta debe ser removida antes de hacer la conexión
- c. La corrosión debe ser removida utilizando una raspadora T321
- d. Un empaque es requerido para la mayoría de las conexiones a varilla de refuerzo

1.6.- PROCEDIMIENTO GENERAL DE SOLDADURA EN EL SISTEMA TRADICIONAL.

1.- Verifique lo siguiente:

a.- Que el molde es el adecuado para el calibre del conductor y la aplicación. No modifique los moldes

b.- Que cuenta con el tamaño adecuado de carga indicado en la etiqueta del molde

c.- Que la manija o marcos colocados en el molde, están ajustados adecuadamente

d.- Que el chispero o unidad de control de CADWELD® Plus están trabajando adecuadamente

2.- Asegúrese que el molde este limpio, seco y en buenas condiciones de uso

3.- Coloque los conductores en el molde y/o la superficie siguiendo las indicaciones del instructivo provisto con cada molde.

4.- Cierre el molde. Asegúrelo firmemente con la manija y seguros de los marcos

5. Encendido del material de soldadura

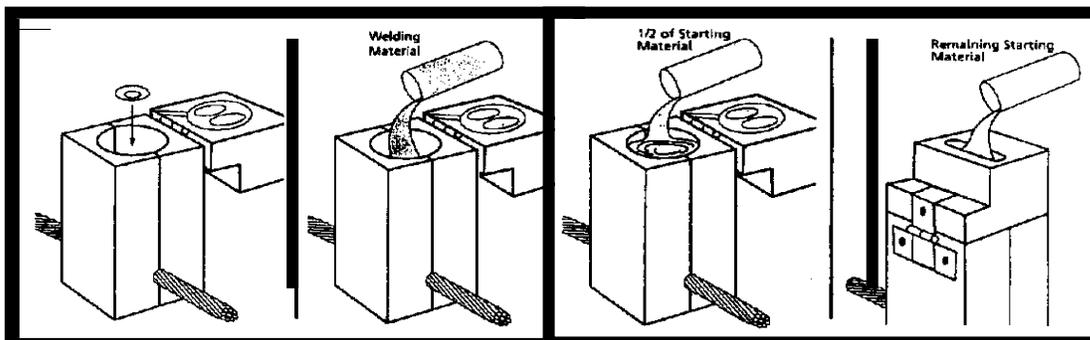
a CADWELD Tradicional

I.-Coloque el disco retén dentro del crisol con el lado cóncavo hacia arriba para ayudar a asegurar que el disco se asienta adecuadamente y tapa completamente la cavidad de bajada

II.-Vacíe el polvo de soldadura en el crisol

III-Afloje el polvo de arranque o ignición. Vacíe aproximadamente la mitad de dicho polvo sobre la superficie del polvo de soldadura, cierre la tapa y vacíe el polvo restante en la cavidad que tiene la tapa del molde

IV.-Aproxime el chispero y encienda el polvo de arranque que está en la cavidad que tiene la tapa del molde. Retire el chispero rápidamente.



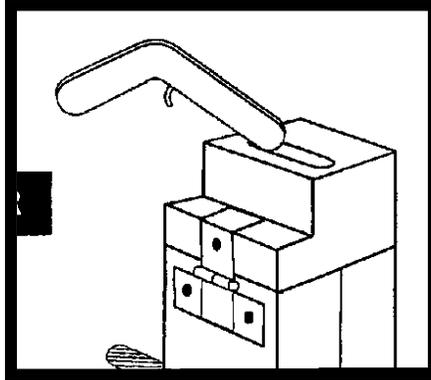


FIGURA 1.11 CONEXIÓN DE SISTEMA DE TIERRA CON EL METODO TRADICIONAL.

1.7.- SISTEMA MODERNO – “TIERRA TOTAL.”

El equipo es el único en su clase ya que cuenta con un dispositivo que facilita el flujo de corriente hacia tierra en un rango de frecuencias muy grande. La Bobina de tierra total, está compuesta por elementos RLC los cuales permiten el mejor flujo de la corriente hacia la tierra en un amplio espectro de frecuencias. El circuito equivalente de la bobina se puede ver en la figura 1.12.

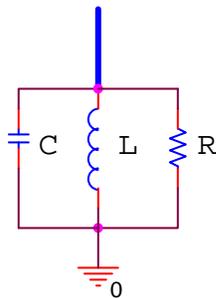


Figura 1.12: La impedancia de una resistencia permanece constante a través de todo el espectro de frecuencias, sin embargo, las impedancias de un inductor y un capacitor están descritas por:

$$Z_L = j\omega L$$

$$Z_C = 1/(j\omega C)$$

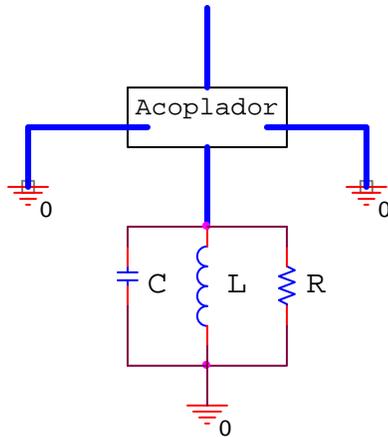
Donde $\omega = 2\pi f$ siendo f la frecuencia de operación del sistema.

FIGURA 1.12
DIAGRAMA RLC.

Con estas relaciones, se puede ver que cuando las frecuencias que se quieren drenar son pequeñas, la impedancia de la resistencia permanece constante, la impedancia del inductor se acerca a cero (es decir, corto circuito) y la impedancia del capacitor se hace muy grande. En bajas frecuencias, los elementos que drenan la corriente son la resistencia y el inductor. Cuando el evento a drenar tiene componentes de alta frecuencia (tal es el caso de los rayos), la impedancia de la resistencia permanece constante, la impedancia del inductor tiende a ser muy grande y la impedancia del capacitor tiende a disminuir. Cuando existen elementos de alta frecuencia en el evento a drenarse, los elementos que actúan son la resistencia y el capacitor.

El otro elemento importante del sistema, es el acoplador de impedancias el cual tiene como función el dirigir descargas de corriente hacia el camino de menor

impedancia existente. En el caso de que se induzcan corrientes a través del electrodo, el acoplador no permite que la corriente llegue al equipo protegido mandando esta corriente a puntos alternos de tierra estructural. Ver figura 1.13.



El acoplador funciona bajo el principio de impedancias en paralelo el cual nos dice que la impedancia total del sistema va a ser menor que la menor de las impedancias en paralelo, esto es:

$$Z_t = (1/Z_1 + 1/Z_2 + 1/Z_3)^{-1}$$

Esta expresión es: la impedancia total es igual al inverso de la suma de los inversos de las impedancias individuales. Con esto, el sistema tierra total garantiza una impedancia no mayor a 2Ω .

Figura 1.13: Esquema del acoplador y la Bobina.

Puntos a tomar en cuenta para un levantamiento.

- *¿Qué se quiere proteger?*
- *¿Carga de lo que se quiere proteger?*
- *Equipo(s) a instalar.*
- *Lugar más próximo de instalación.*
- *Volumetría*

Ejemplo Práctico - "Cero Lógico"

SITE

Elementos para aterrizar:

- UPS 30KVA
- Tablero Regulado
- Tablero no Regulado
- Rack de Telecomunicación

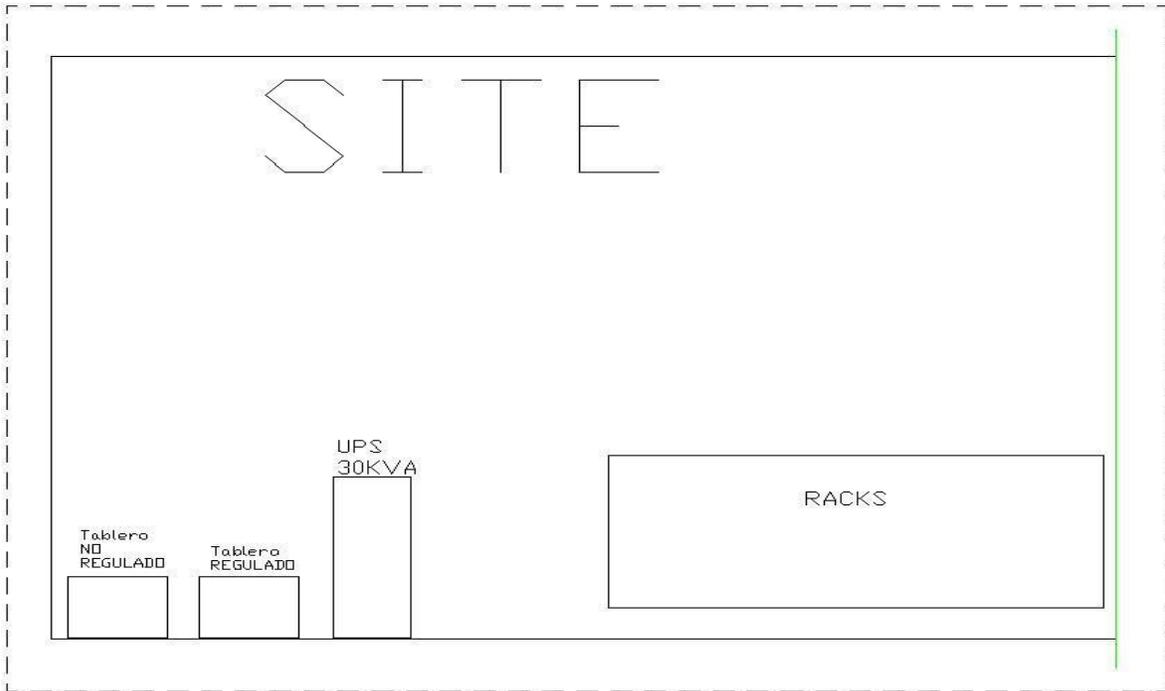


FIGURA 1.14 EJEMPLO DE CUARTO CERO LOGICO.

Ejemplo Práctico - "Potencia"

TRANSFORMADORES

Elementos para aterrizar:

- Transformadores con una capacidad de 500KVA (5 TR's)

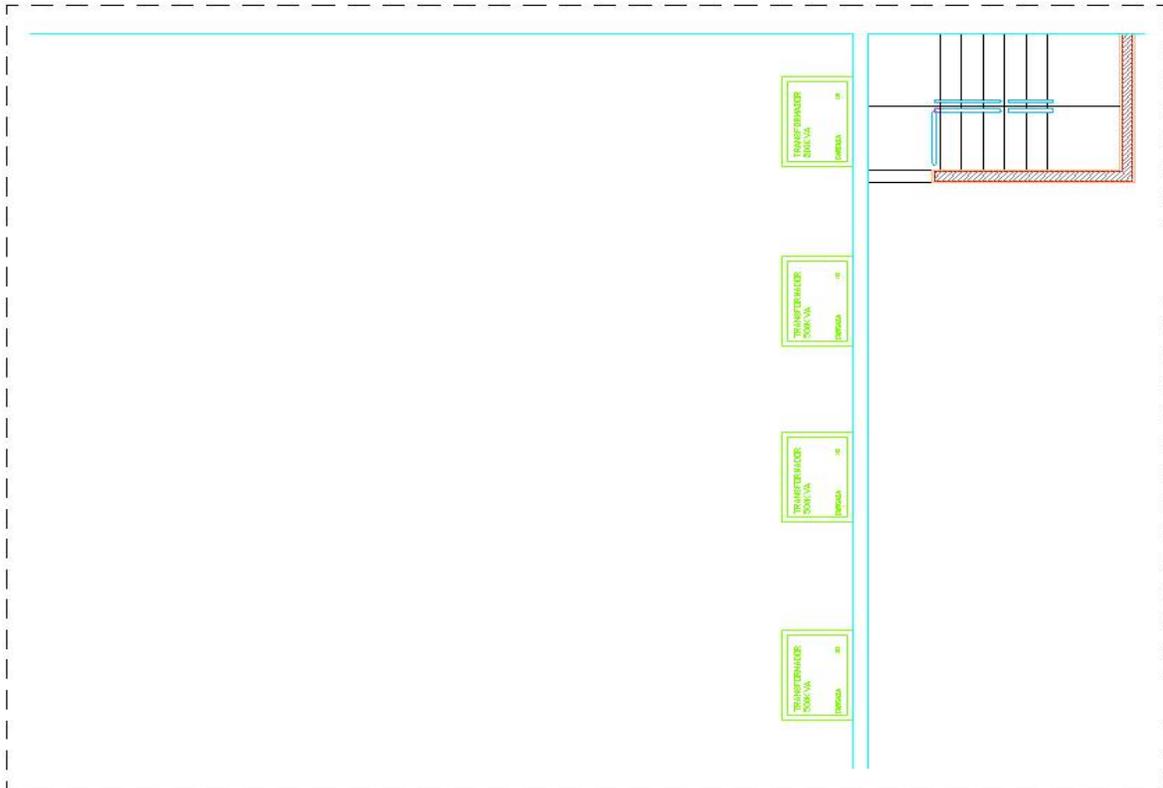


FIGURA 1.15 EJEMPLO DE CUARTO DE POTENCIA.

Ejemplo Práctico - "Masas"

PLANTA DE EMERGENCIA

Elementos para aterrizar:

- Planta de emergencia de 500KVA

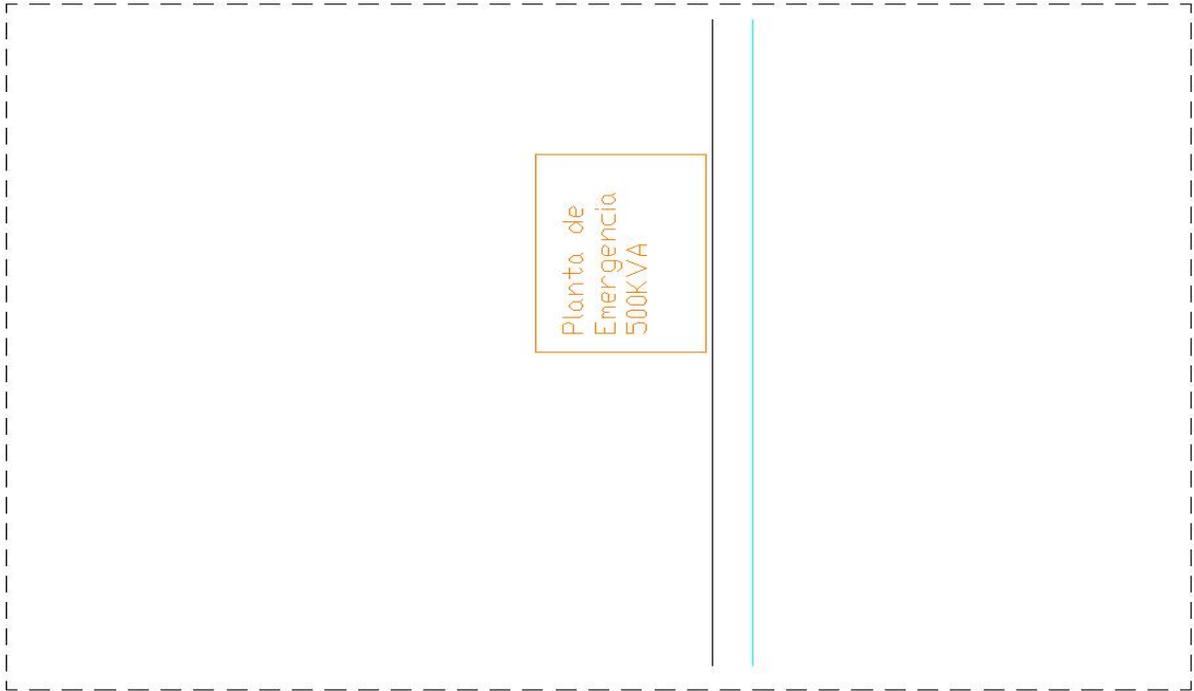
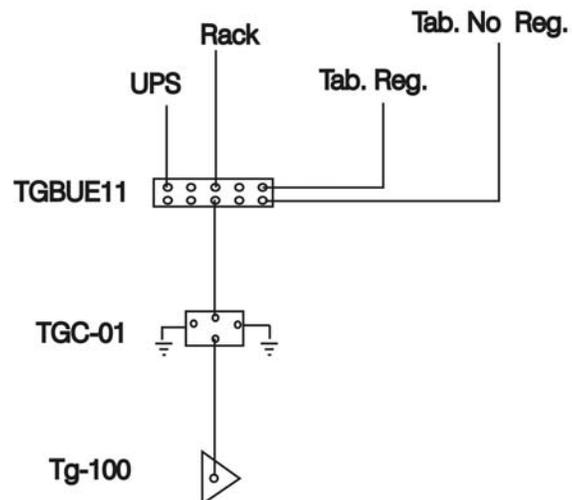


FIGURA 1.16 EJEMPLO DE CUARTO DE MASAS.

Solución - "Cero Lógico"



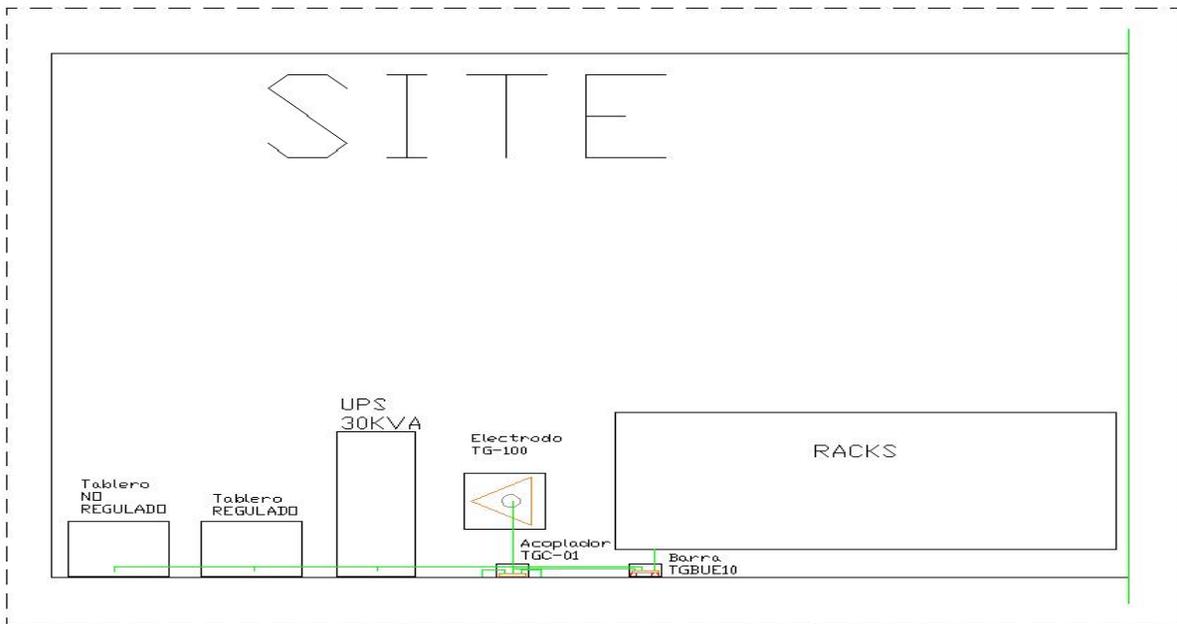
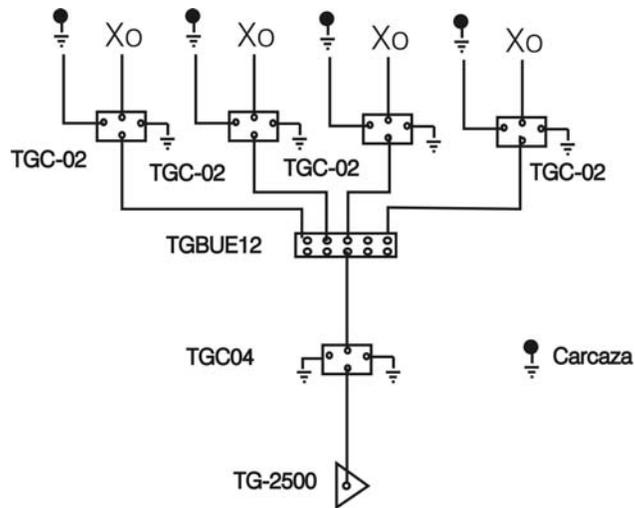


FIGURA 1.17 SOLUCION DEL CUARTO DE CERO LOGICO.

Solución - "Potencia"



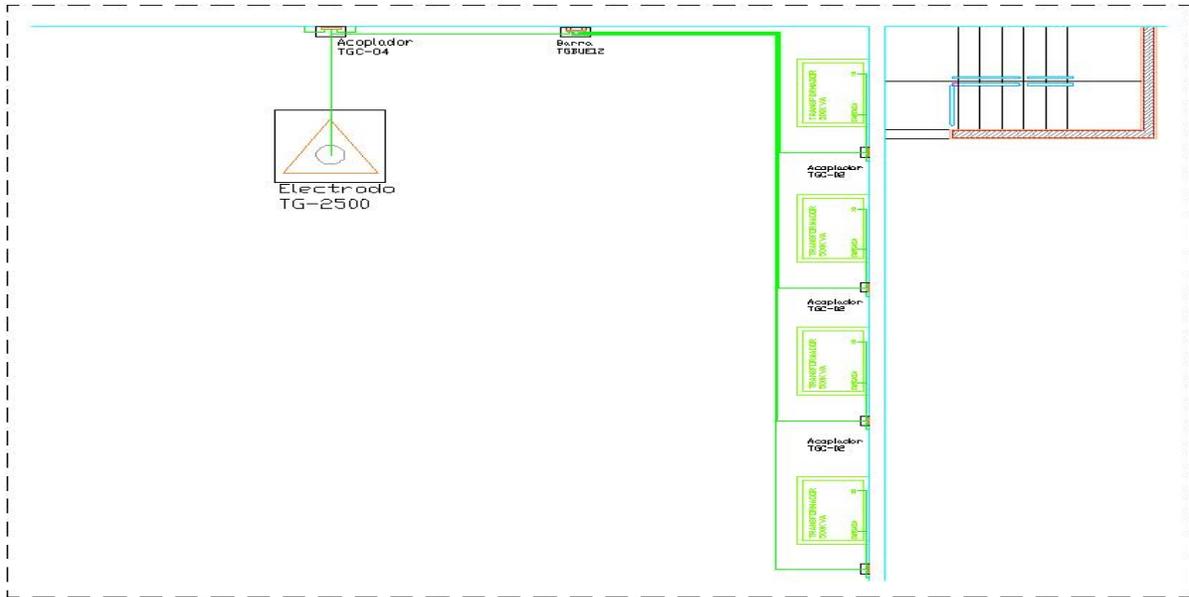
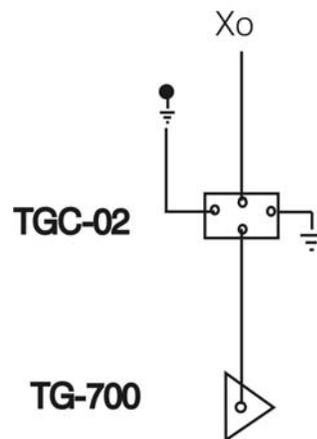


FIGURA 1.1.8 SOLUCION DEL CUARTO DE POTENCIA.

Solución - "Masas"

Planta de Emergencia



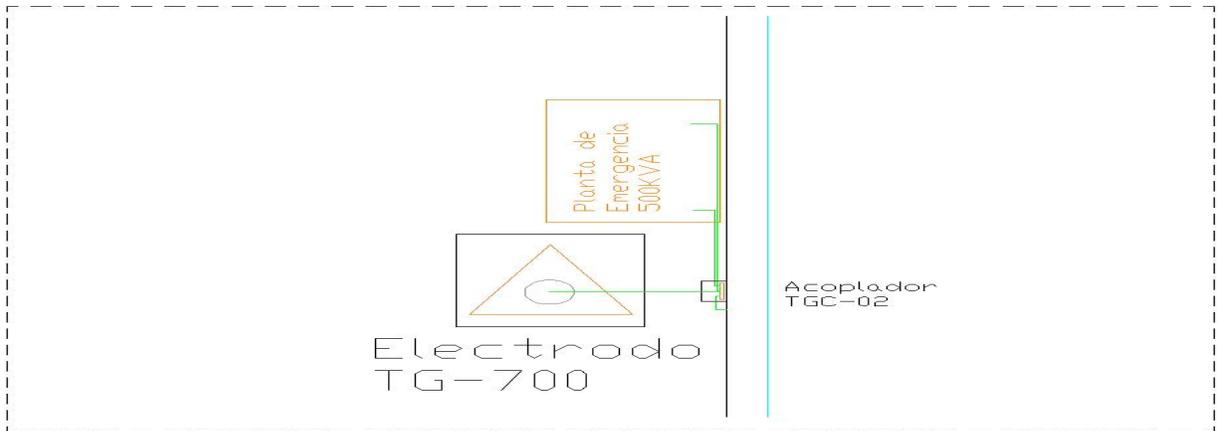


FIGURA 1.19 SOLUCION DE CUARTO DE MASAS.

1.8.- CONECTORES UTILIZADOS PARA LAS CONEXIONES MECANICAS DE TIERRA.

CONECTORES DE VARILLA A CABLE

	MODELO	VARILLA	CABLE	MATERIALES
	TGDP-18H	18,3 mm	35 A 95 mm ²	Bronce Zincado
	TGAB-15H	14,6 mm	25 A 35 mm ²	Bronce Zincado
	TGAB-18H	18,3 mm	25 A 95 mm ²	Bronce Zincado
	TGAB-21H	20,3 mm	70 a 185 mm ²	Bronce Zincado



TGEN-16H

14,6 mm

hasta 70 mm²

Bronce
Zincado

TGEN-16H

18,3 mm

hasta 70 mm²

Bronce
Zincado

TGEN-21H

20,3 mm

hasta 95 mm²

Bronce
Zincado



TGSC-15/CU

16 mm

150 mm²

Cobre

CONECTORES DE VARILLA A CABLE

MODELO

CABLE

MATERIALES



TGCR-10H

Terminales rectos
y a 90°

Hasta 50 mm²

Zincado

TGCR-11H

Terminales rectos
y a 90°

Hasta 70 mm²

Zincado

TGCR-14H

Terminales rectos
y a 90°

Hasta 120 mm²

Zincado

TGCR-16H

Terminales rectos
y a 90°

Hasta 150 mm³

Zincado

TGCR-10H

Manguitos de
derivación 90°

Hasta 50 mm²

Zincado

TGCR-11H

Manguitos de
derivación 90°

Hasta 70 mm²

Zincado



TGCR-14H

Manguitos de
derivación 90°

Hasta 120 mm²

Zincado



TGCR-16H Manguitos de derivación 90° Hasta 150 mm³ Zincado

TGTPD-2c63H Petaca 2 x 185 mm² Zincado

TGTPD-2c90H Petaca 2 x 185 mm² Zincado

TGTPD-2c31H Petacas (2 cables) 2x150 mm² Zincado



TGTR-1cH Grapa (1 cable) 1x 185 mm² Zincado



GSM-15H 25 a 70 mm² Zincado

GSM-18H 70 a 95 mm² Zincado



GDM-15H 35 a 70 mm² Zincado



GM-18H 70 a 95 mm² Zincado

1.9.- TABLAS DE SELECCIÓN PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE TIERRAS CON EL METODO DE TIERRA TOTAL.

EQUIPO TIERRA TOTAL A UTILIZAR EN TIERRA DE POTENCIA							
CAPACIDAD DE TRANSFORMADOR		ELECTRODO	ACOPLADOR	ACONDICIONADOR	SUGERENCIAS DE INSTALACION		
DE (KVA)	A (KVA)	PRESENTACION EN KIT INCLUYE ELECTRODO, ACOPLADOR, H2OHM, BRUJULA Y NIVEL.			DIMENSION DE POZO	CALIBR SUGERIDO	CANALIZACION SUGERIDA
0	25	TG-45K	TGC-01	1 SACO	85 x 40 x 40	4	19 mm.
30	75	TG-70K	TGC-01	1 SACO	100 x 40 x 40	4	19 mm.
100	250	TG-100K	TGC-01	1 SACO	105 x 50 x 50	2	19 mm.
275	400	TG-400K	TGC-01	1 SACO	105 x 60 x 60	1/0	25 mm.
COTIZAR DE MANERA INDIVIDUAL							
500	750	TG-700	TGC-02	4 SACOS	105 x 90 x 90	1/0	25 mm.
800	1000	TG-1000	TGC-04	8 SACOS	230 x 150 x 150	2/0 - 3/0	32 mm.
1000	2000	TG-1500	TGC-04	12 SACOS	250 x 150 x 150	4/0-250 MCM	38 mm.
2000	4000	TG-2500	TGC-04	16 SACOS	300 x 200x200	350-500 MCM	51 mm.

EQUIPO TIERRA TOTAL A UTILIZAR EN SITE CON UPS							
CAPACIDAD DE TRANSFORMADOR		ELECTRODO	ACOPLADOR	ACONDICIONADOR	SUGERENCIAS DE INSTALACION		
DE (KVA)	A (KVA)	PRESENTACION EN KIT INCLUYE ELECTRODO, ACOPLADOR, H2OHM, BRUJULA Y NIVEL.			DIMENSION DE POZO	CALIBRE SUGERIDO	CANALIZACION SUGERIDA
0	20	TG-45	TGC-01	1 SACO	85 x 40 x 40	4	19 mm.
20	27.5	TG-70	TGC-01	1 SACO	100 x 40 x 40	4	19 mm.
27.5	55	TG-100	TGC-01	1 SACO	105 x 50 x 50	2	19 mm.
55	200	TG-400	TGC-01	1 SACO	105 x 60 x 60	1/0	25 mm.

COTIZAR DE MANERA INDIVIDUAL							
200	3000	TG-700	TGC-02	4 SACOS	105 x 90 x 90	1/0	25 mm.
300	400	TG-1000	TGC-04	8 SACOS	230 x 150 x 150	2/0 - 3/0	32 mm.
400	700	TG-1500	TGC-04	12 SACOS	250 x 150 x 150	4/0-250 MCM	38 mm.
700	1000	TG-2500	TGC-04	16 SACOS	300 x 200 x 200	350-500 MCM	51 mm.

EQUIPO TIERRA TOTAL A UTILIZAR EN SITE CON UPS							
CAPACIDAD DE TRANSFORMADOR		ELECTRODO	ACOPLADOR	ACONDICIONADOR	SUGERENCIAS DE INSTALACION		
DE (KVA)	A (KVA)	PRESENTACION EN KIT INCLUYE ELECTRODO, ACOPLADOR, H2OHM, BRUJULA Y NIVEL.			DIMENSION DE POZO	CALIBRE SUGERIDO	CANALIZACION SUGERIDA
0	20	TG-45	TGC-01	1 SACO	85 x 40 x 40	4	19 mm.
20	27.5	TG-70	TGC-01	1 SACO	100 x 40 x 40	4	19 mm.
27.5	55	TG-100	TGC-01	1 SACO	105 x 50 x 50	2	19 mm.
55	200	TG-400	TGC-01	1 SACO	105 x 60 x 60	1/0	25 mm.

COTIZAR DE MANERA INDIVIDUAL							
200	3000	TG-700	TGC-02	4 SACOS	105 x 90 x 90	1/0	25 mm.
300	400	TG-1000	TGC-04	8 SACOS	230 x 150 x 150	2/0 - 3/0	32 mm.
400	700	TG-1500	TGC-04	12 SACOS	250 x 150 x 150	4/0-250 MCM	38 mm.
700	1000	TG-2500	TGC-04	16 SACOS	300 x 200 x 200	350-500 MCM	51 mm.

EQUIPO TIERRA TOTAL PARA SITES SIN UPS	
MODELO	APLICACION SEGÚN MAGNITUD DE SITE
TG 45 K	IDF, CONMUTADOR, RACK, PISO FALSO, MASA, ETC. (SITES CHICOS)
TG 70 K TG 100 K	MDF CONMUTADORES, RACKS, PISO FALSO MASAS, LINEAS PRIVADAS ETC. (SITES MEDIANOS)
TG 400 K	MDF, RDI, SITES CON ALTA DENSIDAD DE PUERTOS. (SITES GRANDES)

1.10.- INTENSIFICADOR PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

El compuesto H2ohm es un producto altamente conductivo preferido ya por muchos instaladores, como un excelente relleno conductor para mejorar la eficiencia en los sistemas de puesta a tierra, ya que por sus excelentes propiedades optimiza los resultados utilizando una menor cantidad lo cual se traduce en menores costos de materiales :

H2ohm fue desarrollado pensando en terrenos difíciles de alta resistividad que carecían de una verdadera solución eficaz segura y económica.

Realizando una investigación de los compuestos utilizados en el mercado encontramos que H2Ohm los supera en tiempo de vida útil, eficiencia y calidad.

 H2Ohm	H2OHM	Bentonita	Carbon Mineral	Sal	Intensificador de Importacion	Intensificador Nacional
Materiales de elaboracion	Compuesto elaborado a base organica	Organico	Organico	Organico	Quimico	Organico
Propiedades conductivas	Muy altas	Bajas	Bajas	Bajas	Altas	Altas
Rendimiento costo/beneficio	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Medio
Tiempo de vida util	Tiempo de vida util largo, por lo menos 10 años	Corto	Corto	Corto	Medio	Medio
Cumplimiento con normas	Completo	Completo	Completo	Completo	Completo	Completo
Mantenimiento posterior	Ninguno	Si requiere	Si requiere	Si requiere	Si requiere	Si requiere
Efecto de corrosion al instalarlo con sistemas de puesta a tierra de cobre	Muy lento	Lento	Lento	Rapido	Rapido	Rapido
Rompimiento despues del secado	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Si se rompe	Nulo
Toxico	No	Si	No	No	Si	Si requiere

TABLA 1.1 COMPARATIVO DE COMPUESTOS ORGANICOS.

1.11.- MÉTODOS PARA LA MEDICION DEL SISTEMA DE TIERRA.

Para hacer la realización de las mediciones del sistema de puesta a tierra, existen diferentes métodos, con los cuales podremos corroborar que tenemos un sistema eficiente y con baja resistividad, lo cual ayudara a disipar las descargas eléctricas y ayudar a tener un sistema de alimentación eficiente.

TERRÒMETRO DE GANCHO.



FIGURA 1.20: Pinzas amperimétricas
KP 5600

KP 5600. Pinza detectora de fugas y medidora de tierras sin contacto.

- Nueva pinza de alta tecnología que en cuestión de segundos permite, con tan sólo introducir el electrodo, pica o conductor de tierra de una instalación en el maxilar de la pinza, la medición de la tierra de dicha instalación, así como la corriente de fuga a través de la misma. Es necesario que la pica esté conectada a otras en paralelo, o conectarla a neutro.
- Verdadero valor eficaz en las mediciones de corriente de fuga.
- Altos niveles de resolución, según escalas.
- Prueba acústica de continuidad.
- Pantalla de 4 dígitos.
- Retención de lecturas.
- Autoescala.

Autocalibración inicial en cada conexión.

Artículo	Código	EAN 13	Características
KP 5600	0775118	8426487751181	0-1.500Ω, 0,2 mA-1 A-10, capacidad maxilar: 23mm.

METODO DE LA CAIDA DE POTENCIAL.

La distancia de separación del electrodo y la punta de corriente del megger (trayectoria A-C) debe ser de 10m. La medición de la resistencia del terreno se realizará a una distancia de 5m del electrodo en el punto B sobre la trayectoria A-C. Evite, en lo posible, que en la trayectoria de los puntos de prueba y el electrodo existan tuberías de metal. Cuidando que los puntos de medición cumplan con los requisitos antes mencionados.

El sistema garantiza su valor resistivo menor a 2 ohm una vez que se a instalado según manual de instalación, permitiendo de esta forma que funcione correctamente, protegiendo a los equipos conectados a él y evitando corrientes de retorno gracias a su acoplador y Elemento "LCR".



FIGURA 1.21: Megger de Cuatro Terminales.

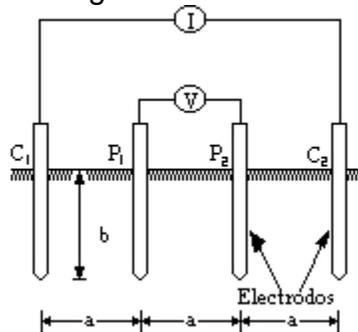
MÉTODO DE WENNER.

En 1915, el Dr. Frank Wenner del *U.S. Bureau of Standards* desarrolló la teoría de este método de prueba, y la ecuación que lleva su nombre.

Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no

dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.



En la figura se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho := \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{\left[1 + \frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4A^2 + 4B^2)^{0.5}}}$$

Donde

ρ : Resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A : Distancia entre electrodos en metros.

B : Profundidad de enterramiento de los electrodos en metros

R : Lectura del terrómetro en ohms.

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R$$

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

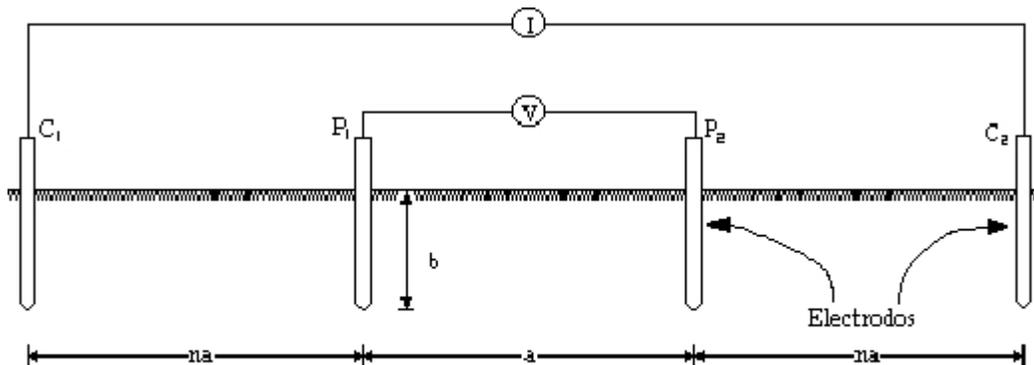
Como ejemplo, si la distancia entre electrodos A es de 3 metros, B es 0.15 m y la lectura del instrumento es de 0.43 ohm, la resistividad promedio del terreno a una profundidad de 3 metros, es de 8.141 ohm-m según la fórmula completa y de 8.105 ohm-m según la fórmula simplificada.

Se recomienda que se tomen lecturas en diferentes lugares y a 90 grados unas de otras para que no sean afectadas por estructuras metálicas subterráneas. Y, que con ellas se obtenga el promedio.

MÉTODO DE SCHLUMBERGER

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea 4 electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencial (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos (a).

La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la figura.



Con este método la resistividad está dada por:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot (n + 1) \cdot na$$

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requieren conocer las resistividades de capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner. Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas.

CAPITULO 2: PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA.

2.1.- DEFINICIÓN.

Un pararrayos es aquel artefacto que, ubicado en lo alto de un edificio o una casa, tiene la función de dirigir al rayo junto con su enorme carga eléctrica hacia la tierra a través de un cable a fin de no causar daños.

El origen del pararrayos proviene de los experimentos de Benjamín Franklin, realizados a mediados de siglo XVIII. A partir de uno de ellos se dio cuenta del denominado “efecto punta”. Este efecto hace referencia a que las cargas presentes en torno a un conductor no se distribuyen de modo uniforme, sino que se juntan en las partes más afiladas y puntiagudas de éste. De este modo, si un objeto puntiagudo es sometido a una fuerte descarga eléctrica como la que se genera con el rayo proveniente de una nube de tormenta, entonces la carga se acumulará, sobretodo, en las partes puntiagudas del objeto. Este principio fue utilizado por Benjamín Franklin para la construcción del primer pararrayos funcional.

Las nubes que generan los rayos durante una tormenta están cargadas negativamente en su base, y la tierra que se encuentra bajo ellas está cargada de manera positiva debido al efecto de inducción electrostática. De esta forma, las cargas negativas de las nubes de tormenta se repelen entre si, y son atraídas por la carga positiva de la tierra que se encuentra bajo ellas. Así, debido a que un pararrayos se encuentra conectado a la tierra a través de un cable conductor, sus electrones y los de la nube se repelen y queda cargado positivamente al igual que la tierra bajo la nube.

No es necesaria la utilización de pararrayos en todas las edificaciones. Existen ciertas normas tecnológicas de edificación que dictan su necesidad en caso de

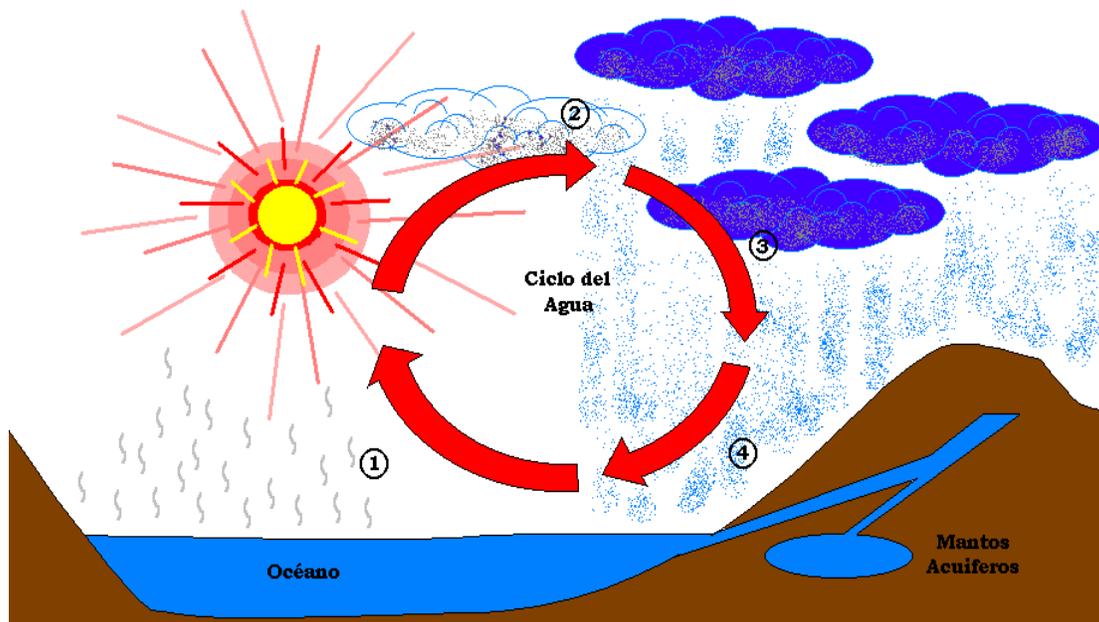


FIGURA 2.1 CICLO DEL AGUA.

Un edificio de más de 43 metros de altura, o bien, en aquellas edificaciones en las que se manipulen sustancias radioactivas, inflamables, tóxicas o explosivas. Por último, se debe tomar en cuenta el índice de riesgo. Este índice se calcula considerando la zona geográfica en la que se encuentra la edificación, las condiciones del terreno y los materiales con los que se ha construido. Toda zona que supere los 27 puntos deberá instalar un pararrayos.

El ciclo del agua es muy sencillo de comprender: primero, el sol emite energía que se transmite en forma de luz a través del espacio. Cuando la luz llega a nuestra atmósfera, los fotones golpean las partículas de aire, polvo, agua, etc. calentándolos. Cuando los fotones han transmitido suficiente energía al agua de los océanos, las moléculas del agua se expanden y esta cambia de estado líquido a gaseoso.

El vapor de agua se eleva ya que su densidad es menor que la del aire más frío que se encuentra a su alrededor. Al elevarse, el aire que rodea al vapor de agua se va enfriando y hace que este vapor cambie nuevamente de estado. Parte del vapor se convierte en hielo y otra parte se convierte en agua, sin embargo, estas partículas se encuentran tan dispersas que permanecen en el aire ya que su peso no es muy grande.

Cuando se acumula suficiente vapor, agua y hielo, esta combinación forma nubes de tormenta. Si la densidad de partículas de agua es lo suficientemente grande estas empiezan a chocar entre sí y se empiezan a fusionar formando gotas de agua que empiezan a ser muy pesadas para seguir flotando en el aire. Al llegar estas gotas de agua a ser lo suficientemente grandes, se precipitan hacia la tierra formando lo que comúnmente llamamos lluvia. La lluvia se filtra en el subsuelo y corre por ríos subterráneos hacia mantos acuíferos subterráneos y nuevamente hacia el mar. Una vez en el mar, se inicia nuevamente el ciclo.

Pero ¿De donde vienen los rayos? La respuesta a esta pregunta se encuentra en la segunda y tercera etapa del ciclo del agua. Al elevarse las partículas menos pesadas de vapor de agua, estas chocan con partículas más pesadas de hielo y agua que se encontraban antes ahí. Al chocar, las partículas de hielo le quitan electrones (que son cargas eléctricas negativas) al vapor de agua.

Las partículas más pesadas quedan cargadas entonces con un número mayor de electrones que las partículas menos pesadas. La parte superior de la nube que es menos pesada, tiene una carga neta positiva y la parte inferior compuesta por las partículas más pesadas tiene una carga neta negativa.

Como todos sabemos, las cargas iguales se repelen y las cargas distintas se atraen. De igual manera, la parte inferior de la nube cargada negativamente trata de balancear su carga atrayendo cargas positivas. Las cargas positivas del planeta se empiezan a acumular alrededor de la zona de la nube y utilizan cualquier objeto que se encuentre en su superficie para subir más alto y estar más cerca de las cargas negativas de la nube.

Debido a que el aire es un dieléctrico, las cargas no pueden romper la barrera que le presenta el aire. Cuando las cargas son muy grandes dentro de la nube, la rigidez dieléctrica del aire se empieza a romper. La carga eléctrica empieza a buscar el camino más fácil para bajar a través del aire. A la carga eléctrica que se emite desde la nube y que busca la trayectoria más fácil se le llama líder descendente negativo. De igual manera, en la tierra, las cargas se acumulan en los objetos que se encuentran sobre ella. Es una propiedad física el que las cargas eléctricas se acumulen en mayor cantidad sobre estructuras que tienen puntas afiladas.

Todos los objetos en los que se haya acumulado una gran cantidad de cargas positivas empiezan a emitir un líder ascendente positivo. Cuando el líder descendente negativo toca a un líder ascendente positivo, se abre un camino en el aire y una gran cantidad de electrones fluye de la nube hacia la tierra. El aire que transmite la carga se calienta tanto que cambia de estado físico, se convierte en plasma.

La temperatura que puede alcanzar un rayo es inclusive mayor que la temperatura en la superficie del sol. Al calentarse el aire rápidamente, éste se expande y provoca una onda de choque que se transmite en forma de onda sonora. La expansión del aire al calentarse es lo que se conoce como trueno. Cuando se logra el flujo de carga de la nube hacia la tierra, todos los demás líderes descendentes aportan su carga al flujo principal de carga y es por esto, que en un rayo se pueden ver extensiones secundarias o ramificaciones.

Las ramificaciones son simplemente los líderes descendentes que no pudieron hacer contacto con los líderes ascendentes de la tierra.



FIGURA 2.2. DESCARGAS ATMOSFERICAS DESDE UNA NUBE.

En la figura 2.2, se puede ver la descarga principal de la nube así como los líderes descendentes que no tuvieron contacto con ningún líder ascendente.



FIGURA 2.3 DESCARGAS ATMOSFERICAS ASCENDENTES.

En la figura 2.2 se puede ver que los líderes alternos se dirigen hacia abajo y en la figura 2.3 se dirigen hacia arriba.

Debemos de comentar que existen 4 tipos de descargas atmosféricas y no solo dos como la mayoría de la gente comenta, y estas son:

- 1.- Descarga nube-nube.
- 2.- Descarga nube-tierra.
- 3.- Descarga tierra-nube.
- 4.- Descarga nube ionosfera.

a.- Las cargas eléctricas en la nube se encuentran distribuidas en forma no homogénea, existiendo por consiguiente concentraciones desiguales de carga en el seno de la misma.

Alrededor del 90 % de las descargas son de carácter negativo.

b.- Una vez que el gradiente eléctrico sobrepasa el valor crítico, comienzan a ocurrir pequeñas descargas en el seno de la nube. Estas, en virtud de la ionización por choque en el aire, van degenerando en una forma de avalancha, denominada "Pilot Streamer" o descarga piloto, la cual avanza a una velocidad promedio de 150 Km/seg (aproximadamente 1/20 veces la velocidad de la luz).

c.- La rama de la descarga piloto orientada hacia la tierra logra imponerse en su crecimiento, viéndose acompañada de pequeños puntos luminosos característicos de las descargas escalonadas "Stepped Leaders". Durante este proceso, la luminosidad es baja y la corriente no excede de unos pocos amperios.

Las descargas escalonadas parecen tener su origen en la acción del viento,

llegando raras veces a tierra; esto se debe a que la intermitencia de la descarga piloto (de 30 a 90 μ seg) les sustrae la energía necesaria para tales fines. Esta etapa ocurre a mucha mayor velocidad (aproximadamente a un 3 % de la velocidad de la luz).

El incremento del gradiente eléctrico de la tierra al aproximarse la descarga a ésta, favorece a la formación de un canal de recepción; dicho canal muchas veces puede ser distinto al suelo, es decir, que puede ser un objeto el causante del canal de recepción "Upward Streamer", y es de notar que rara vez dicho canal supera los 30 metros de altura.

d.- El canal de recepción sale entonces al encuentro de la descarga piloto, la cual trae una gran cantidad de cargas negativas (positivas muy pocas veces), formándose así un canal plasmático.

Para neutralizar la carga en la nube, una gran cantidad de cargas opuestas salen de tierra utilizando el mismo canal previamente ionizado. A través del canal plasmático ocurrirán todas las descargas sucesivas, de las cuales la primera es la denominada de retorno o "Return Stroke".

La velocidad de propagación de ésta descarga es aproximadamente 10% de la velocidad de la luz, lo cual causa que sea apreciable el valor de la intensidad de corriente que puede alcanzar valores de hasta 160 kAmp. Mientras la descarga principal requiere de un tiempo aproximado de 20 mseg para llegar a tierra, la descarga de retorno acusa un tiempo promedio de 100 μ seg. La forma de onda de la corriente del "Return Stroke", es determinada por la rata de descarga del canal plasmático, la cual es función de la velocidad del retorno y de la distribución de las cargas a lo largo del canal.

e.- El impacto provocado por las cargas eléctrica que la descarga de retorno introduce en el seno de la nube es tan fuerte, que en la mayoría de los casos origina una segunda descarga orientada hacia tierra, denominada descarga secundaria o "Dart Leader", con una velocidad promedio de 1% la de la luz.

Este par de fenómenos (Return Stroke/Dart leader), puede repetirse un número de veces apreciable y esto se denomina descargas sucesivas o "Multiple Stroke", que consisten en descargas separadas que utilizan el mismo canal plasmático. Cerca del 50% de las descargas que ocurren son múltiples y el intervalo de tiempo entre descargas, va desde 0.5 mseg, hasta 0.5 seg.

2.2.- ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS PARARRAYOS.

Para estudios y diseños eléctricos, se utiliza la cantidad de rayos a tierra (GFD ó N) o densidad de rayos por Km²; para ello, en general, es necesario conocer el nivel ceraúnico (T) que caracteriza a la zona particular que está siendo estudiada (a través de mapas isoceraúnicos)

La expresión matemática utilizada para el cálculo de la densidad de descargas a nivel de tierra, es:

$$N = 0.04(T)^{1.25}$$

Donde:

N: Número Total de Rayos a Tierra (descargas/km²-año)

T: Nivel Ceraúnico (días de tormenta al año).

Debe indicarse que antiguamente se levantaba la información del parámetro T, mediante la percepción de eventos ligados a un rayo de forma manual y poco precisa. Sin embargo, en los últimos 20 años, se han incorporado sofisticados equipos de medición, que registran la cantidad de rayos a tierra (tanto de forma terrestre como a partir de satélites).

Dicha información es registrada en mapas, tanto isoceraúnicos como de isodensidad.

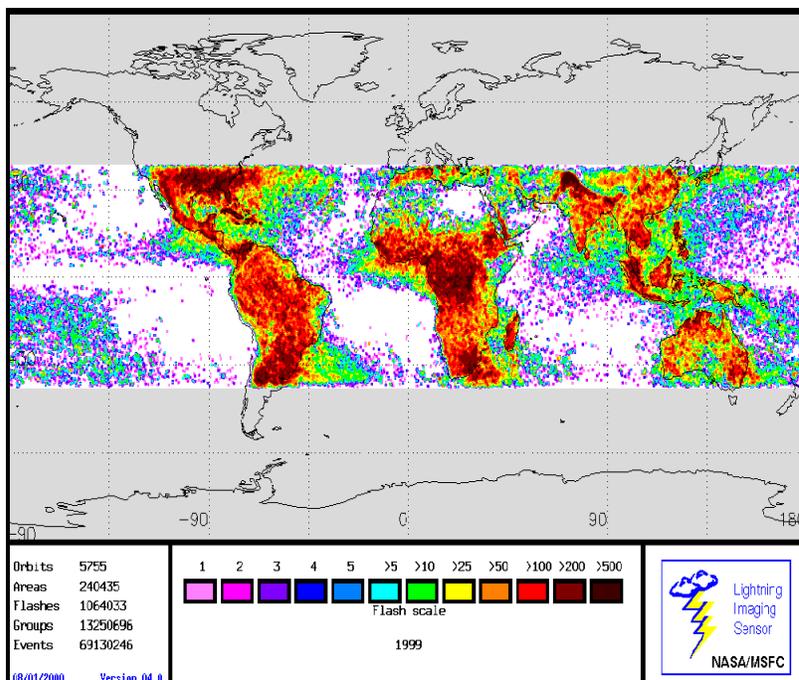
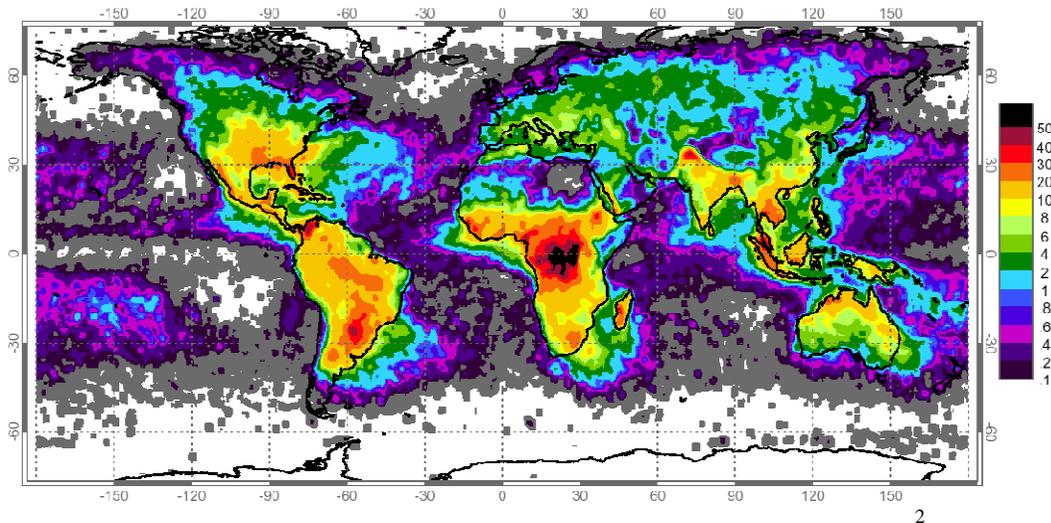


FIGURA 2.4 Mapa Mundial de actividad de rayos (cantidad de descargas nube – nube y nube- tierra). Año 1999. Registrado por el proyecto TRMM de la NASA.



FIGUIRA 2.5 Mapa Mundial de densidad de descargas a tierra por Km² en el año 1999.

Obtenido del Proyecto TRMM de la NASA.

También puede calcularse el número total de descargas que inciden sobre las líneas aéreas de Transmisión, Distribución, teléfono u otros objetos. Esto depende del área de atracción que posee el objeto de interés y del parámetro N (densidad de descargas a tierra), anteriormente calculado.

Para determinar el ancho de atracción (en caso de una línea aérea), se hace uso de las siguientes expresiones; la primera es para calcular la longitud transversal de atracción, y así definir el área total dada la longitud que posea la línea; la última expresión calcula directamente el número de descargas que va a incidir sobre el circuito eléctrico aéreo.

$$W = (b + 28^{*h^{0.6}})$$

Donde:

W: Ventana de Atracción Transversal (mts)

b: Distancia de separación entre cables de guarda (mts)

h: Altura promedio de los cables de guarda (mts)

$$NI = N (W * L) / 1000$$

Donde:

N_I: Número de descargas sobre la línea (descargas/año)

L: Longitud del circuito aéreo (Km)

A continuación describiremos las dimensiones de los tubos y las estructuras triangulares dependiendo de los modelos, en la figura 2.6 observamos el tipo de tubo utilizado en la contracción del electrodo.

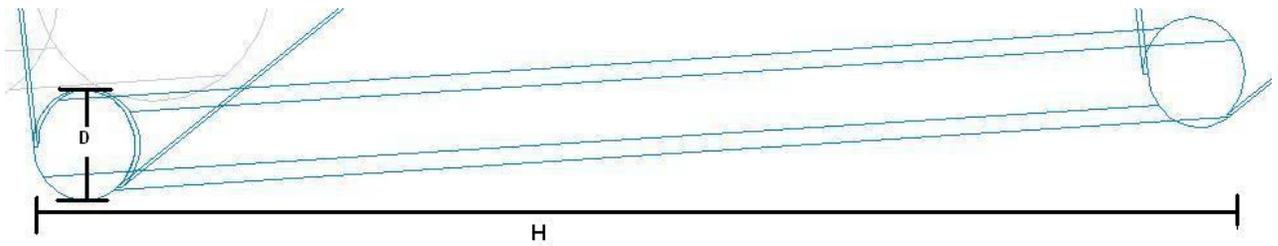


FIGURA 2.6 DIAGRAMA TRIDIMENSIONAL DEL TUBO

Modelo	1	2	3	4	5	6
Valor de D (cm.)	50cm	63cm	63cm	63cm	63cm	180cm
Valor de H (inch)	3/4"	1"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 3/4"

Tabla 2.1 Dimensiones de los tubos dependiendo el modelo

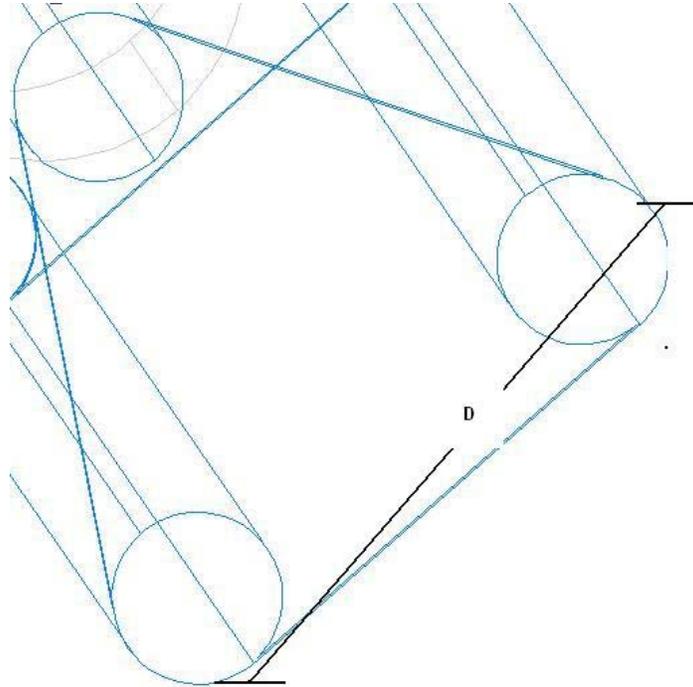


FIGURA 2.7 ESTRUCTURA TRIANGULAR

Modelo	1	2	3	4	5	6
Valor de D (cm.)	10cm	12cm	15cm	20cm	60cm	60cm

Tabla 2.2 Dimensiones de los triángulos dependiendo del modelo

En la estructura triangular podemos observar en la figura 3 que se trata de un triángulo equilátero y sus tres lados son iguales.

TEORIA

La fuerza magnética sobre una partícula en movimiento es siempre perpendicular al movimiento, así como a las líneas del campo magnético. Por esto es por lo que el patrón básico es el movimiento circular alrededor de la línea del campo magnético.

El hecho de que la fuerza magnética sea perpendicular a las líneas del campo magnético significa que cuando una partícula se mueve en espiral alrededor de un cono de líneas convergentes, esa fuerza está siempre ligeramente inclinada hacia atrás (dibujo).

Por las leyes del movimiento, cualquier fuerza puede estudiarse mediante la suma de sus fuerzas perpendiculares, cada una controlando el movimiento en su dirección. La "fuerza radial" perpendicular al eje del cono (dibujo) mantiene el ion o el electrón girando en un círculo alrededor de ese eje y está equilibrada (como se dijo anteriormente) por la fuerza centrífuga de esa radiación.

Además, sin embargo, podrá existir una pequeña fuerza paralela al eje, repeliendo la partícula lejos del vértice del cono. Esta fuerza añadida ralentiza el avance de la partícula hacia el eje y finalmente la invierte, causando que se refleje y rebote hacia atrás.

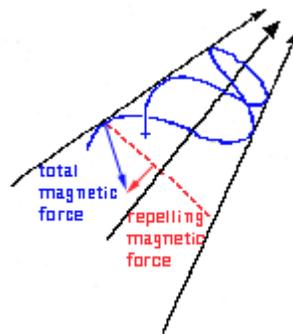


Figura 2.8 Movimiento de los iones sobre líneas de campo convergente

Para calcular la corriente que soporta cada una de las estructuras antes mencionadas utilizaremos una fórmula del Biot Savart. El físico Jean Biot dedujo en 1820 una ecuación que permite calcular el campo magnético B creado por un circuito de cualquier forma que fuera el recorrido por una corriente de intensidad i .

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{\mathbf{u}_t \times \mathbf{u}_r}{r^2} dl$$

B es el vector campo magnético existente en un punto P del espacio, \mathbf{u}_t es un vector unitario cuya dirección es tangente al circuito y que nos indica el sentido de la corriente en la posición donde se encuentra el elemento dl . \mathbf{u}_r es un vector unitario que señala la posición del punto P respecto del elemento de corriente, $\mu_0/4\pi = 10^{-7}$ en el Sistema Internacional de Unidades. De esta ecuación se pueden dividir en tres dependiendo de lo que requiera determinar.

$$\mathbf{H} = \int_L \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{a}_R}{4\pi R^2} \quad (\text{corriente lineal})$$

$$\mathbf{H} = \int_S \frac{\mathbf{K} dS \times \mathbf{a}_R}{4\pi R^2} \quad (\text{corriente superficial})$$

$$\mathbf{H} = \int_V \frac{\mathbf{J} dV \times \mathbf{a}_R}{4\pi R^2} \quad (\text{corriente volumétrica})$$

Figura 2.9 Ecuaciones Biot Savart para el calculo de la capacidad de corriente.

Deducción de la formula de corriente eléctrica para una semiesfera

En la siguiente figura se muestra una semiesfera electromagnética mente cargada (ionizada), con la cual podemos determinar la polaridad en la punta y así repeler los rayos que vienen con una polaridad catódica.

Aplicando la ley Biot Savart se obtiene una ecuación en función en coordenadas esféricas que se resuelven con variable compleja, integrando el contorno semiesférico que existe en la punta pararrayos del kit KDA 05 de la marca tierra total.

De la cual obtenemos lo siguiente:

$$B = -\frac{\mu_0 i}{4\pi} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial z} = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{a^2}{(a^2 + z^2)^{3/2}}$$

Donde B es igual a campo magnético, si este resultado lo dividimos entre la permeabilidad magnética obtenemos la corriente eléctrica.

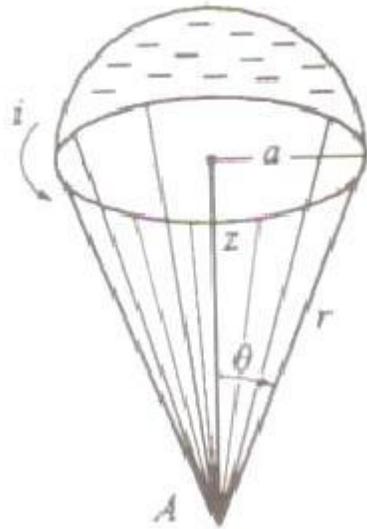


FIGURA 2.10 COMPORTAMIENTO DE UNA CORRIENTE EN UNA SEMIESFERA.

Deducción de la formula de corriente eléctrica para los tubos de cobre

Comencemos a calcular la capacidad de corriente lineal de los tubos, en la figura 2.11 se muestra situación en que nos vamos a basar para plantear las ecuaciones correspondientes.

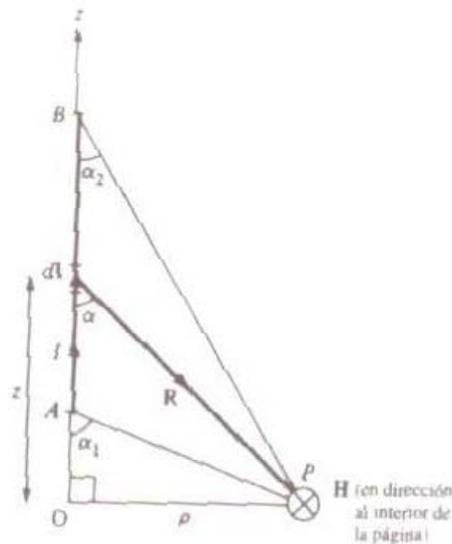


FIGURA 2.11 PLANTEO DE LA SITUACION DE LOS TUBOS.

La ecuación para conocer la corriente eléctrica de los tubos es la siguiente.

$$d\mathbf{H} = \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{R}}{4\pi R^3}$$

Determinando el vector \mathbf{R} que va desde el punto de prueba al elemento diferencial de línea y el diferencial de línea deducimos la siguiente ecuación.

$$\mathbf{H} = \int \frac{I \rho dz}{4\pi [\rho^2 + z^2]^{3/2}} \mathbf{a}_\phi$$

Esta ecuación se resuelve integrando toda la distancia del tubo, el campo magnético va en dirección radia al radio de Φ en coordenadas cilíndricas, integrando en todo la distancia obtenemos.

$$\mathbf{H} = \frac{I}{4\pi\rho} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \mathbf{a}_\phi$$

Esta ecuación determina la corriente eléctrica en los tubos de acuerdo a la densidad de corriente del cobre, el peso del tubo de cobre y las dimensiones volumétricas del tubo de cobre.

Deducción de la formula de corriente eléctrica para un triangulo

Plantearemos el problema en base a la situación vista en la figura 7

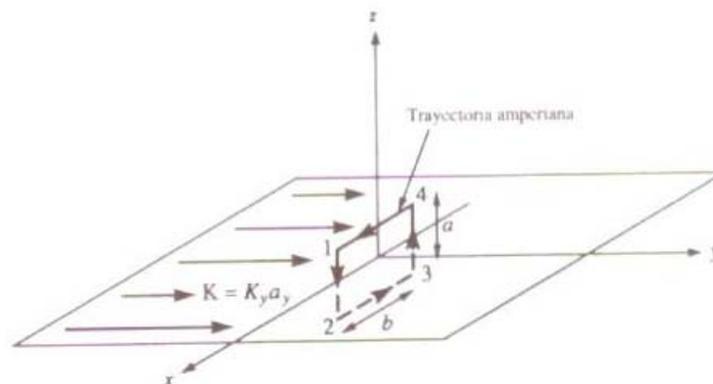


FIGURA 2.12 ESCENARIO DE FLUJO DE COCORRIENTE EN UNA LAMINA FINITA.

Para resolver este problema utilizaremos la ley de Ampere que es una caso general del le de Biot Savart, esta ley la se muestra a continuación.

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I_{enc} = K_y b$$

Esta integral se resuelve por medio de variable compleja, se realiza una grafica del flujo de los vectores en el plano complejo, esta grafica contiene los polos y ceros de la función, resolviendo esta integral encontramos.

$$\mathbf{H} = \frac{1}{2} \mathbf{K} \times \mathbf{a}_n$$

Esta formula nos da como resultado la corriente eléctrica de una lamina finita en función de la densidad de corriente eléctrica, el peso del metal y las dimensiones volumétricas de la lamina. Como recordamos al observar la figura 3 los triángulos son equiláteros (todos sus lados son iguales), para sacar la capacidad de corriente de los triángulos simplemente se calcula la corriente que soporta una lamina cuadrada con los lados iguales a los lados del triangulo equilátero y el resultado se divide entre dos.

En base a estas dos formulas procedemos a buscar los parámetros de peso del cobre, (dependiendo el tipo de cobre) para poder determinar la capacidad de corriente de cada uno de los electrodos. En la tabla 2.3 se muestra una tabla de características del tubo de cobre rígido tipo M.

TABLA 2.3: DATOS DEL TUBO DE COBRE

Designación Convencional	Diámetro				Espesor		Peso	
	Exterior		Interior		Nominal		Nominal kg	
pulg	mm	pulg	Mm	pulg	mm	pulg	Tramo	Metro
1/4	9.52	0.375	8.26	0.325	0.63	0.025	0.960	0.157
3/8	12.70	0.500	11.44	0.450	0.63	0.025	1.317	0.216
1/2	15.87	0.625	14.45	0.569	0.71	0.028	1.854	0.304
5/8	19.05	0.750	17.53	0.690	0.76	0.030	2.391	0.392
3/4	22.22	0.875	20.60	0.811	0.81	0.032	2.980	0.488
1	28.57	1.125	26.79	1.055	0.89	0.035	4.221	0.692
1 1/4	34.92	1.375	32.80	1.291	1.06	0.042	6.191	1.015
1 1/2	41.27	1.625	38.79	1.527	1.24	0.049	8.527	1.398
2	53.97	2.125	51.03	2.009	1.47	0.058	13.249	2.172
2 1/2	66.67	2.625	63.37	2.495	1.65	0.065	18.428	3.021
3	79.37	3.125	75.71	2.981	1.83	0.072	24.326	3.988
4	104.77	4.125	99.95	3.935	2.41	0.095	42.297	6.934
LOS VALORES DE ESTA TABLA ESTÁN BASADOS EN LA NORMA OFICIAL MEXICANA								
NMX-W 18, ASTM-B88 Y ESTÁN SUJETOS A TOLERANCIAS								

BARRAS RECTANGULARES DE COBRE CORRIENTES ADMISIBLES									
DIMENSIONES		SECCION		PESO		CORRIENTE ADMISIBLE EN AMP			
MM APROX	PULG	MM	PULG	KG MT	Lbs Pw	1	2	3	4
76 x 3	3 x 3/16	242	0.375	2.149	1.444	696	1100	1392	1600
102 x 3	4 x 1/4	323	0.500	2.864	1.925	900	1420	1800	2070
51 x 6	2 x 1/4	323	0.500	2.864	1.925	647	1020	1294	1488
76 x 6	3 x 1/4	485	0.750	4.300	2.89	973	1540	1948	2238
51 x 10	2 x 3/8	485	0.750	4.300	2.89	865	1365	1730	1990
102 x 6	4 x 1/4	645	1.000	5.729	3.85	1220	1925	2440	2800
76 x 10	3 x 3/8	725	1.125	6.443	4.33	1180	1860	2360	2714
102 x 10	4 x 3/8	967	1.500	8.585	5.77	1440	2280	2880	3312

Capacidad basada en 40°C ambiente, 30°C elevación,
98% conductividad 6.3 mm. de separación entre Barras.

SEPARACION ENTRE BARRAS PARA DIFERENTES VOLTAJES									
VOLTAJE	Distancia mínima entre potenciales opuestos		Distancia mínima a tierra		VOLTAJE	Distancia mínima entre potenciales opuestos		Distancia mínima a tierra	
	MM	PULG	MM	PULG		MM	PULG	MM	PULG
250	51	2	38	1 1/2	13200	127	5	108	4 1/4
600	64	2 1/2	51	2	15000	140	5 1/2	114	4 1/2
1 100	89	3 1/2	64	2 1/2	16500	153	6	127	5
2 300	102	4	70	2 3/4	18000	178	7	152	6
4 000	114	4 1/2	70	3	22000	229	9	178	7
6 800	114	4 1/2	76	3	26000	305	12	229	9
7 500	114	4 1/2	83	3 1/4	35000	381	15	305	12
9 000	114	4 1/2	89	3 1/2	45000	457	18	381	15
11 000	121	4 3/4	95	3 3/4	56000	483	19	445	17 1/2

Tabla 2.3: Características de las barras rectangulares

En la tabla 2.4 se muestra una tabla de Barras rectangulares de cobre y su corriente admisible.

En base a las tablas 2.3 y 2.4 podemos determinar el peso del cobre y la densidad de este, el procedimiento que se realizo para determinar el peso de cobre fue el siguiente.

1. De la tabla 2.1 se tomaron los valores de distancia dependiendo del modelo a calcular, el valor se multiplico por tres para sacar la distancia total de los tres tubos de cobre.
2. En base al espesor del tubo revisamos la tabla 2.3 y obtenemos el peso nominal del los tres tubos de cobre, este valor es uno de los parámetros que necesitamos para el cálculo de la corriente.

3. En el caso de las laminas utilizamos la tabla 4, utilizamos los datos de la lamina de 4 pulgadas por un octavo y obtenemos el valor aproximado del peso de cada una de las placas de 4"x1/3*39".
4. En base a este valor determinamos por medio de una relación de proporcionalidad el peso de un cuadrado con las dimensiones de las estructuras triangulares que se muestran en la tabla 2.
5. La densidad de corriente del cobre es una constante se determina a partir de las dimensiones del la estructura y la conductividad del cobre.
6. Utilizamos las formulas antes mencionada y obtenemos la corriente que soporta cada una de las estructuras.
7. Al final se realiza una suma de corrientes de todas las estructuras que conforma el electrodo y terminamos.
8. Este procedimiento se realiza para todos los elementos del kit.

En la tabla 2.5 se muestra el peso de cada uno de los elementos del kit y su capacidad de corriente.

Modelo	CABLE DE COBRE AISLADO AIRE LIBRE	PUNTA DE PARARRAYOS
Peso Kg.	1.38KG/Mts	2.3Kg
Capacidad de corriente en A	405A@75°	7423A

Tabla 2.4: Peso y capacidad de corriente de los diferentes elementos

En la siguiente figura se muestra el comportamiento en frecuencia del filtro RCL, este diagrama muestra la ganancia en decibels de la señal en corriente contra la frecuencia de operación. Podemos ver en esta grafica que a mayor sea la frecuencia de la señal de corriente tiende a disminuir su amplitud.

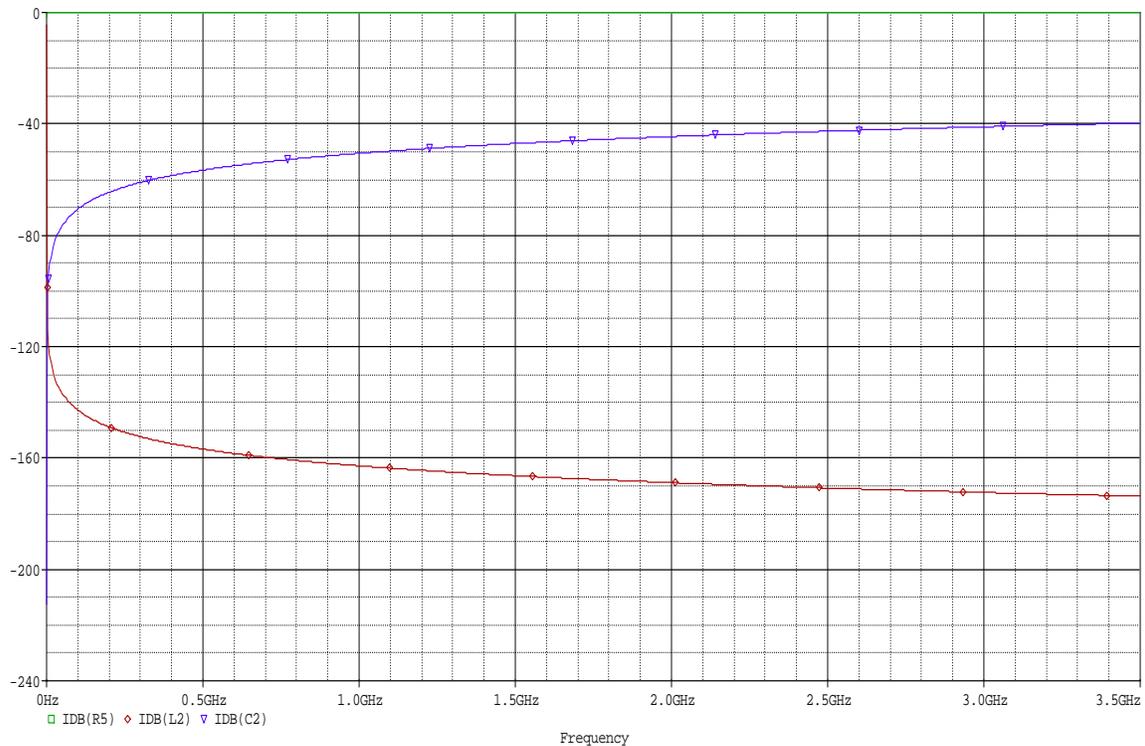


FIGURA 2.13 DIAGRAMA DE DOBLE FILTRO RCL.

Hasta ahora hemos visto que la parte inferior de la nube tiene una carga netamente negativa. Esto es cierto en el 95% de los casos, en el otro 5% de los casos, la nube tiene una carga netamente positiva y provocaría que las cargas negativas fluyeran de la tierra hacia la nube.

La punta especialmente diseñada, consiste en un volumen grande para la concentración de cargas electrostáticas. Las cargas que se acumulan sobre la punta son siempre negativas y por lo tanto, crearán un efecto de repulsión para cualquier líder descendente negativo que se aproxime, ver la figura 2.14. Cuando un líder descendente positivo se acerque, la punta emitirá un líder ascendente negativo el cual atraparé la descarga de la nube conduciéndola hacia la tierra.

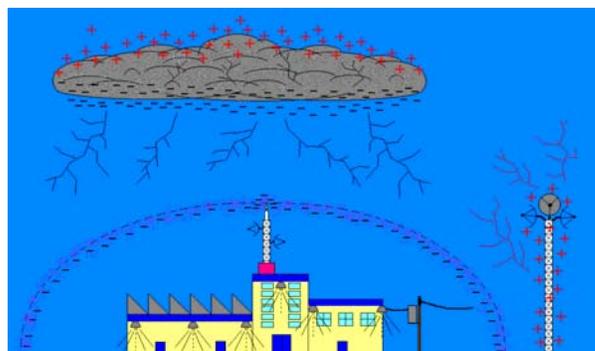


FIGURA 2.14 EFECTO DE REPULSION DE CARGAS NEGATIVAS POR EL RAYO.

La siguiente pregunta que surge es: ¿De donde saca el pararrayos cargas negativas para la punta, si un líder descendente negativo inducirá una carga positiva sobre todo el terreno y las estructuras aledañas? La respuesta es muy sencilla.

Al realizar la instalación del electrodo en el terreno, una de sus aristas se orienta hacia el norte para lograr así una polarización con respecto del campo magnético terrestre.

Si se toma un multímetro y se coloca la punta negra sobre la estructura y la punta roja sobre cualquier otra estructura metálica enterrada, nos podremos dar cuenta que en el borne de conexión se tiene un voltaje negativo de aproximadamente 1volt. Este voltaje induce cargas negativas sobre la punta del pararrayos cargándola de tal manera que rechazará cualquier líder descendente negativo. La fuerza de repulsión del rayo está dada según la ley de Coulomb.

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$$

Donde,

- Q_1 y Q_2 : son las cargas del líder descendente y de la punta del pararrayos respectivamente.
- ϵ_0 : es la constante de permisividad con valor $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$
- d : es la distancia que separa a las dos cargas.

Esta expresión, únicamente nos dará la magnitud de la fuerza de atracción o de repulsión, no la dirección de la fuerza. La dirección de la fuerza resultante sobre el líder descendente, sería la suma de todos los vectores de fuerza de atracción y de repulsión, sin embargo, no entraremos en detalles para no complicar más la explicación.

De la ley de Coulomb, se puede ver que la fuerza entre cargas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación entre las cargas, por lo tanto, es menor a mayor distancia. Debido a esta propiedad, es necesario que la punta del pararrayos sea el punto más cercano al líder descendente, es decir, que sea la estructura más alta.

2.3.- PRINCIPIOS DEL PARARRAYO.

Basado en los principios anteriormente descritos, un pararrayos es simplemente un dispositivo que acumula cargas positivas inducidas por la nube que tiene cargas negativas. Como las cargas se acumulan en mayor medida sobre estructuras que tengan puntas afiladas, los pararrayos tienen puntas afiladas.

Ya que un rayo caerá sobre la estructura de la cual se emita un líder ascendente positivo que tenga contacto con un líder descendente negativo, los pararrayos deben ser la estructura más alta de manera que el líder ascendente que se emita por la punta del pararrayos llegue más rápidamente al líder descendente de la nube y de esta manera se utilice la estructura del pararrayos para drenar la corriente en vez de cualquier otra estructura u objeto.

Ya que el pararrayos va a drenar una gran cantidad de corriente, es necesario que el pararrayos tenga una muy buena conexión a la tierra y que esté preparado para soportar la energía que se drenará a través de él.

Existen normas a las cuales se debe de apegar la instalación de los pararrayos. Estas normas son evidentes una vez que se comprende la mecánica de los rayos. Debido a que los rayos son descargas muy grandes de energía, la norma nos dice que no deben de existir curvas en los conductores del pararrayos mayor a 45 °. Si se tuvieran curvas mayores, la energía simplemente seguiría en línea recta fuera del conductor y podría dañar equipo, personas, etc.

El pararrayos debe ser la estructura con más altura esto es evidente si se piensa que el líder ascendente del pararrayos debe de llegar primero al líder descendente de la nube. En fin, todas las normas se pueden justificar una vez que se comprende la mecánica del rayo.

2.4.- ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO.

Los pararrayos consisten en un mástil metálico (acero inoxidable, aluminio, cobre o acero), con un cabezal captador. El cabezal puede tener muchas formas en función de su principio de funcionamiento: puede ser en punta, multipuntos, semiesférico o esférico y debe sobresalir por encima de las partes más altas del edificio al que protegen. El cabezal está unido a tierra, mediante un cable de cobre conductor. La toma de tierra se hace mediante picas hincadas en el terreno, mediante placas conductoras también enterradas, o bien con un tubo sumergido en el agua de un pozo). En principio, un pararrayos protege una zona teórica de forma cónica con el vértice en el cabezal; el radio de la zona de protección depende del ángulo de apertura de cono y a su vez éste depende de cada tipo de protección.

El objetivo principal de estos sistemas es reducir los daños que puede provocar la caída de un rayo sobre otros elementos, como edificios, árboles o personas incluyendo el propio edificio que se protege.

Para entender como funciona un pararrayos, se resume cómo se presenta el campo eléctrico de alta tensión, llamado también sombra eléctrica.

2.5.- EL RAYO

Es la reacción eléctrica causada por la saturación de cargas electrostáticas que han se generan y acumulan progresivamente en las nubes durante la activación del fenómeno eléctrico de una tormenta. Cuando la diferencia de potencial entre la nube y la tierra aumenta a valores suficientes (del orden de 10 ... 45 kV) la energía electrostática acumulada en la nube es capaz de atravesar la poco conductora atmósfera, y se convierte en una descarga de energía electromagnética (el relámpago visible y la interferencia de ruido), energía acústica (trueno) y, finalmente, calor, fenómeno que se produce en unas fracciones de segundo. El fenómeno rayo se representa aleatoriamente entre nube-nube, nube-tierra o tierra-nube a partir de un potencial eléctrico (10/45 kV), entre dos puntos o zonas de influencia de diferente polaridad y distinto potencial, para compensar las cargas.

Lógicamente la descarga busca el camino más corto (de menor resistencia eléctrica) entre nube y tierra y de ahí que generalmente los rayos caigan sobre los puntos sobresalientes de la tierra (cerros, árboles, torres,...).

LA DENSIDAD DE CARGA DEL RAYO

Es proporcional al tiempo de exposición de la saturación de carga electrostática de la zona expuesta por la nube (sombra eléctrica). A mayor densidad de carga de la nube, mayor inducción electrostática en tierra, y mayor probabilidad de generar un líder en las estructuras. La diferencia de potencial entre la nube y la tierra facilita una transferencia de cargas en las zonas afectadas en tierra, y en función de la resistencia del aire o materiales expuestos, se representa en tierra en una sombra cargada eléctricamente.

EL EFECTO PUNTA

Puede ser estático en un punto, en movimiento en el mismo punto o viajar por el suelo y estructuras en función de la dirección y velocidad de la nube, el efecto del movimiento, causa la sensación de ver una corona o múltiples efectos puntas llamado entonces "efecto corona", son diminutas chispas eléctricas que aparecen en la parte superior de los materiales, generalmente es de color verde-azul y con fuerte olor a ozono (ionización del aire), el efecto punta aparece siempre dentro de la sombra eléctrica.

Los marineros llaman también al efecto punta, [fuego de San Telmo](#). El motivo es que el efecto punta se representaba durante la tormenta en lo más alto del mástil de madera, el movimiento constante de la nave a causa del temporal generaba un movimiento aleatorio del mástil referente al aire dentro de un campo eléctrico natural de alta tensión.

Este efecto de movimiento lateral y el desplazamiento del mástil, transformaba visualmente las chispas del efecto punta en un efecto óptico de fuego formando una corona. Cuando se ve este fenómeno (el campo eléctrico-atmosférico de alta tensión supera los 1500 voltios), se puede apreciar y sentir peligrosamente en nuestro cuerpo el campo de alta tensión. El efecto que produce en nuestro cuerpo es un cosquilleo, que nos puede poner, literalmente, los pelos de punta.

El efecto punta puede aparecer pero no transformarse en una descarga de rayo, este fenómeno avisa de la presencia de un campo eléctrico de alta tensión y si persiste en tiempo e intensidad, creará entonces un canal trazador.

EL CANAL TRAZADOR

Es la formación de una guía escalonada descendente (en inglés *Step Leader*) que guiará la descarga del rayo desde la nube cerca de la zona en tierra, donde por inducción del campo eléctrico de alta tensión, se creará otro canal trazador ascendente desde tierra para buscar la interconexión de ambos y crear un trazado por donde se compensaran las cargas.

El rayo tiende a seguir el camino preparado previamente, donde la concentración de transferencia de electrones superará los 10.000 Culombios por segundos en un punto concreto, para compensar las cargas electrostáticas de signos opuestos.

Cómo se desarrolla el canal trazador o guía escalonada: A partir del campo de alta tensión presente, un electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón y éste a su vez junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente en función de la carga (guía escalonada,

Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica (Trazador o canal ionizado,

El fenómeno del canal trazador, no es constante ni estable, puede viajar y moverse en función del desplazamiento de la sombra eléctrica, afectando a todo aquello que se encuentre a su paso. Nosotros nos podemos cruzar temporalmente en nuestro desplazamiento con este fenómeno, sea a pie, en coche o en barco.

LA INTENSIDAD DE LA DESCARGA DEL RAYO

Es variable y dependerá del momento crítico de la ruptura dieléctrica del aire (resistencia variable) entre los dos puntos de transferencia de la carga así como la facilidad de transporte de la energía del medio (conductancia variable) y de la capacidad de absorción o disipación de la zona de impacto en tierra (resistencia Variable). Como media, se utiliza erróneamente el valor de 30.000 Amperios de

intensidad del rayo, pero podemos afirmar que los valores actuales de media son más altos llegando a superar los 50.000 Amperios y rayos superiores a 200.000 Amperios.

El aire no es un aislante perfecto su resistencia dieléctrica antes de la ruptura es de 3kV /mm y varía proporcionalmente con la altura. La ruptura dieléctrica del aire, también variará según el grado de contaminación atmosférica, temperatura, humedad, presión y radiación electromagnética natural o no.

LA TENSIÓN ELÉCTRICA

Aparece durante el proceso de la descarga del rayo y su valor es proporcional a la resistencia de los conductores que transportan la corriente de la descarga del rayo, es decir: en función de la resistencia de los conductores eléctricos, estos se encargaran de llevar la corriente a tierra en más o menos tiempo, la corriente tendrá un freno o una aceleración a su paso a tierra (resistencia) y por ello aparecerá una tensión (Voltios) temporal como por ejemplo: La tierra, roca, madera, hierro, árbol, barco, depósito de gas, instalaciones de pararrayos, las puestas a tierra, las personas etc. Para conocer el valor de la tensión que se puede generar en una instalación, basta con aplicar la ley de Ohm a un impacto de rayo. Por ejemplo, supongamos que el impacto de rayo se genera en el pararrayos y el INM nos proporciona su identidad, es decir, un rayo con un valor de intensidad de descarga de 200.000 amperios tomaremos este valor como valor (I), y como referencia de la resistencia tomaremos la toma de tierra del pararrayos es decir 5 ohmios (R), la tensión que apareció en el cable de tierra del pararrayos fue de: $E = I \times R$ (1.000.000 de voltios).

El rayo puede transportar una carga de electrones en menos de un segundo equivalente a 100 millones de bombillas ordinarias, la media que se valora por rayo es de 20GW de potencia.

EL SENTIDO DE LA DESCARGA DEL RAYO

Es, generalmente, un 80% de la nube a la tierra (rayos negativos), el 10 % son descargas ascendentes de tierra a nube (rayos positivos) y el resto entre nube y nube o dentro de la misma nube. Las descargas de los rayos positivos suelen ser de más intensidad y más destructivos que los negativos

No se puede garantizar la zona de impacto del rayo una vez formado. La trayectoria del rayo puede ser caótica, siempre predominarán los ambientes eléctricos cargados, aunque los estudios del campo eléctrico atmosférico en tierra determinan que la distribución de cargas en tierra no es estática, sino dinámica, al formarse y generar aleatoriamente chispas en diferentes puntos geográficos dentro de la trayectoria de la sombra eléctrica, la intensidad y situación del campo eléctrico cambia radicalmente pudiendo generar impactos de rayos laterales, con trayectorias laterales de más de 17 Km. entre los dos puntos de contacto.

Una vez formado el rayo, su impacto no depende de la resistencia eléctrica del terreno. Los estudios de la densidad de impactos de rayos según la tipología de terreno (figura 4.1), nos determina que el rayo puede incidir en cualquier lugar del suelo independientemente de su resistencia dieléctrica.

Un estudio, determina que las zonas de impactos de rayos son aleatorias, aparecen registros de impacto en las piedras, en tierra seca o húmeda, en las cumbres de las montañas, en las laderas y valles, en el suelo cerca de una torre de alta tensión. Las descargas de rayo de este estudio varían de intensidad, entre 9.000 a 171.000 Amperios y la intensidad de descarga del rayo no esta relacionada con la resistencia eléctrica del terreno en el punto de impacto ni su altura.

En la zona de estudio, podemos encontrar terrenos de diferente compuesto mineral, la resistencia dieléctrica del terreno en un mismo punto, varía enormemente según la estación del año, pasando de valores de 10 Ohmios a valores de 100 Ohmios en invierno a causa del hielo y en pleno verano a causa de la evaporación del agua.

EJEMPLO DE DIFERENTES VALORES DE LA RESISTENCIA DE TIERRA EN FUNCIÓN DEL TERRENO.

Valores medios en Ω

Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos 50
Terrenos cultivables poco fértiles, terraplenes compactos y secos 500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables 3.000

Valores de referencia en Ω de diferentes terrenos

Limo 20 a 100 Humus 10 a 150 Turba húmeda. 5 a 100 Arcilla plástica 50
Margas y arcilla compacta 100 a 200 Margas del jurasico 30 a 40 Arena arcillosa 50 a 500
Arena silíceas 200 a 300 Caliza compacta 1.000 a 5.000 Suelo pedregoso desnudo
1.500 a 3.000 Pizarra 50 a 300 Granito, gres y alterados 100 a 600

EL NIVEL DE RIESGO DE RAYOS

Se llama nivel keráunico, y se valora por el número de días de tormentas con la actividad de al menos un rayo (tormenta / año / km²); estos niveles de riesgo sólo son de referencia, pues suelen ser muy variables, algunos niveles se mantienen durante más tiempo por las características del contexto ambiental y telúrico, la media tiene que ser valorada como mínimo cada 5 años, en griego "Keraunos" significa rayo, por ese motivo utilizamos la palabra Keráunico.

LAS LÍNEAS ISOKERÁUNICAS

Son indicadores de medición de un área concreta que determina diferentes zonas de un mapa Keráunico.

DENSIDAD DE RAYOS

No se tiene que confundir el nivel de riesgo de rayos reflejado en un mapa Keráunico (días de tormenta + 1 rayo), con una zona de riesgos de rayos (densidad de rayos), el nivel Keráunico no determina si una zona geográfica tiene más o menos actividad de impactos en el suelo, para conocer el nivel de riesgo de una zona, se tiene que efectuar un estudio particular del comportamiento del rayo, analizando los datos de al menos 5 años.

Los mapas de densidades de rayos, se confeccionan a partir de los valores estadísticos de impactos de rayos que proporcionan las diferentes empresas de teledetección de rayos de cada país, los datos que han suministrado son:

✗ Número de impactos de rayos en un radio de 2 km. ✗ Fecha. ✗ Hora (GTM). ✗ Latitud y longitud. ✗ Intensidad en kA. ✗ Distancia en Km. del impacto referente a la instalación. ✗ Dirección del impacto referente al norte.

TELEDETECCIÓN DE RAYOS.

Se puede efectuar un seguimiento de los impactos de rayos en tiempo pasado en diferentes mapas virtuales. Existen varios portales donde podemos ver la actividad de rayos a nivel nacional y europeo, por ejemplo en: Francia: Météorage, del grupo Météo France Catalunya: Meteocat España: Instituto Nacional de Meteorología.

LA TEORÍA DE LA GENERACIÓN DE CARGAS EN LA NUBE

La influencia eléctrica presente en la tierra, procede de la distribución de cargas del campo eléctrico natural entre ionosfera y tierra en tiempo estable sin tormentas; durante las tormentas, las tensiones eléctricas resultantes son causadas por la concentración y generación de cargas del fenómeno termodinámico que se produce en el interior del cúmulo-nimbus. Durante su evolución, la constante de generación de cargas es aproximadamente de 1 culombio por km³ por minuto; el proceso de generación y su situación en el espacio tiempo, transforma físicamente en tres estados el vapor de agua existente en el aire en su ascensión , pasando de Gaseoso (vapor de agua) a líquido (micro gotas de agua) Sólido (cristales de hielo) y viceversa en su descenso, que es causado por el aumento de volumen y peso por la acumulación de los cristales de hielo en la gotita de agua.

LOS DIFERENTES VALORES DE LAS ISOTERMAS

La depresión constante del sistema Tierra-atmósfera-ionosfera, la altura determinada de la nube referente a la atmósfera y las incidencias variables de las ondas solares, aportan la energía necesaria para efectuar esta transformación física del vapor de agua y arrancar el sistema termodinámico para cargar el condensador eléctrico en forma de nube (+/- 90 W/Kg. de vapor).

LAS ISOTERMAS

Diferencian con exactitud la base de la nube, ésta mantiene la nube a una altura determinada referente al suelo dependiendo de la depresión atmosférica del lugar. El viento con sus diferentes influencias térmicas, eléctricas y de humedad, desplazará en medida todo el sistema.

LA GENERACIÓN Y SEPARACIÓN CONSTANTE DE CARGAS

Dentro de la nube, polarizará la nube induciendo a su alrededor y en tierra un campo eléctrico opuesto, los valores eléctricos resultantes creados por la diferencia de potencial entre la ionosfera y la tierra arrancan en 120V/m a nivel de mar en tiempo estable, aumentando progresivamente, hasta valores críticos de 45.000 Voltios/m durante la aparición y formación del típico cúmulo-nimbus (entre base de nube y tierra). Durante el proceso activo crítico de la tormenta, estos valores modifican las propiedades del aire colindante que se comporta normalmente como un dieléctrico.

LAS LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO

Tienen un sentido, de polo positivo a polo negativo, si estas líneas de campo se transfieren paralelamente y su separación entre ellas son equidistantes , el campo resultante es homogéneo, de lo contrario si se saturan en un punto concreto se generará un efecto punta a causa de la transferencia concentrada de electrones que excitará el dieléctrico (aire) ionizándolo hasta la ruptura de su resistencia donde aparecerá el arco eléctrico llamado el Rayo; en ese momento el potencial eléctrico ambiental, será compensado a causa de la descarga eléctrica, hasta su próxima generación .

REPERCUSIONES ELÉCTRICAS

Durante la descarga del rayo se generan inducciones y acoplamientos en las líneas de transporte eléctrico y de tele-comunicaciones. Como referencia, en cada impacto de rayo en un pararrayos tipo FRANKLIN, antes, durante y después de su descarga a tierra, se generan otros fenómenos eléctricos indirectos que repercuten destruyendo nuestras instalaciones y a las instalaciones de nuestros

vecinos en un radio de acción proporcional a la intensidad de la descarga, que puede alcanzar los 1.500 metros. El rayo, aparece repetidamente, durante las tormentas de cada año. Los efectos del impacto de rayo durante su descarga pueden ser directos o indirectos a causa de:

CARGAS ELECTROSTÁTICAS DURANTE LA FORMACIÓN DEL LÍDER

En el momento de la presencia de la sombra eléctrica en tierra, el campo eléctrico presente es de alta tensión, y genera el efecto punta en la parte más alta de la instalación. Este efecto se transforma visualmente en chispas que salen de los materiales expuestos a la sombra eléctrica. En el caso de una punta de pararrayos, las cargas electrostáticas generan interferencias y ruidos que se pueden acoplar en las líneas de datos o señales de TV y radio. Durante la aparición de este fenómeno, por el cable de tierra del pararrayos circularan corrientes superiores a los 150 Amperios, ¿por qué?

Pues porque las chispas del efecto punta, aparecen a partir de la ionización del aire, y para ionizar el aire, necesitamos como mínimo 1.500 voltios en la punta de un electrodo (dependiendo de la calidad del aire), si aplicamos la Ley de Ohm y tomamos los 1.500 Voltios como referencia de tensión (E) y los 10 Ohmios de la resistencia de la toma de tierra como referencia de resistencia (R), tendremos una intensidad de corriente (I) que circulará por el cable de tierra de :

$$I = E / R \text{ (150Amperios).}$$

PULSOS ELECTROSTÁTICOS

Los pulsos electrostáticos son transitorios atmosféricos y aparecen en los equipos por la variación brusca del campo electrostático presente en la zona durante la tormenta, la causa de este fenómeno la genera la diferencia de potencial entre la nube y la tierra. Sus efectos se transforman en pulsos eléctricos que aparecen a partir de impactos de rayos cercanos. Todo aquello que se encuentre suspendido en el aire referente a tierra dentro de la sombra eléctrica, se cargará con una tensión proporcional a su altura y el campo electrostático presente, como si de un condensador se tratara. Como referencia a 10 metros de altura, en las líneas de datos o telecomunicaciones aisladas de tierra, pueden padecer tensiones de 100 a 300.000 voltios con respecto a tierra dentro de un campo electrostático medio.

PULSOS ELECTROMAGNÉTICOS (EMP)

En el instante mismo del impacto de rayo en un pararrayos o en un elemento cualquiera, el contacto físico de la energía del rayo en el punto de contacto, genera una chispa que se transforma en un pulso electromagnético que viaja por el aire, en el mismo instante el flujo de la corriente que circula por los conductores eléctricos de tierra a la toma de tierra, genera un campo magnético proporcional a la intensidad de la corriente de descarga del rayo.

La energía radiada por el pulso electromagnético en el aire, viaja a la velocidad de la luz induciendo por acoplamiento todo aquello que se encuentre a su paso referente a tierra, destruyendo nuestros componentes electrónicos y los de nuestro vecino en un radio de 1.500 metros y llegando la señal radiada a más de 300 km de distancia.

La intensidad del pulso electromagnético es variable en función de la intensidad de descarga del rayo y del punto de contacto físico con el elemento impactado, el tiempo de la transferencia de la corriente a tierra y el nivel de absorción de la tierra física, determinaran los valores eléctricos de acoplamiento en los equipos cercanos.

SOBRETENSIÓN Y TENSIONES DE PASO.

El impacto de rayos directos sobre los cables aéreos, genera una onda de corriente, de amplitud fuerte, que se propaga sobre la red creando una sobretensión de alta energía. Las consecuencias: Destrucción de material, envejecimiento prematuro de los componentes electrónicos sensibles, disfunción de los equipos conectados a la red con peligro de incendio. Por ejemplo, si aplicamos la Ley de Ohm, y tomando un valor medio del impacto de un rayo a tierra de 50.000 Amperios (I) y un valor de la resistencia de la toma de tierra de 10 Ω (R), entonces se obtiene unos resultados de tensión que circulará por los cables de tierra en el momento del impacto de 500.000 Voltios (Alta Tensión). $E = I \times R$
La tensiones de paso generadas en ese momento por la diferencia de potencial entre electrodos o partes metálicas , dará un resultado de 7.200 Voltios a 10 metros de distancia y a 30 metros quedará un residual de 800 Voltios. Los equipos que no estén conectados a la misma toma de tierra, tendrán el riesgo de que les aparezcan arcos eléctricos que saltaran entre masas de diferente potencial durante el instante de la descarga del rayo cercano.

CORRIENTES DE TIERRA.

En función de la intensidad de descarga del rayo las tomas de tierra no llegan a adsorber la totalidad de la energía potencial descargada en menos de 1 segundo, generando retornos eléctricos por la toma de tierra al interior de la instalación eléctrica. Este fenómeno puede generar tensiones de paso peligrosas. Otro fenómeno que repercute a tensiones de tierra, es la diferencia de potencial entre masas o electrodos de tierra cercanos al impacto de rayo, al producirse la descarga del rayo todos los fenómenos antes descritos interactúan entre ellos y tienden a descargar a tierra, en función de la distancia entre electrodos se generará una resistencia propia del semiconductor (el compuesto químico de la tierra física), y aparecerán tensiones de paso peligrosas entre electrodos. Otro fenómeno importante que repercute directamente a la vida útil de los electrodos, es su pérdida de iones en cada proceso de transferencia. Es decir cada impacto de rayo en un pararrayos, genera una fuga brutal de corriente que pasa a tierra por medio del electrodo de tierra a la tierra física, en ese momento se crea un intercambio de iones o electrolisis natural entre el material del electrodo y la tierra

física, el intercambio iónico brutal e instantáneo reacciona con el entorno, creando una cristalización de la tierra física. Cada descarga de rayo, evapora el agua que contiene la tierra a su alrededor, modificando la resistencia propia de la toma de tierra. Con el tiempo los electrodos que se utilizan como puesta a tierra, llegan a desaparecer, ya en su primer año de vida, pierden contacto físico con la tierra y su capacidad de transferencia disminuye peligrosamente a causa de la oxidación. Se tiene que tener en consideración que todos los materiales o puntos de contacto a tierra tiene diferentes valores de comportamiento eléctrico, su propia resistencia como conductor eléctrico puede variar considerablemente en función de las condiciones que lo rodean (humedad, temperatura, contaminación química, etc.). Mantenimiento y revisión anual de las tomas de tierra eléctricas es obligatorio para garantizar una buena disipación de las fugas de corriente.

2.6.- LOS EFECTOS DEL CAMPO ELÉCTRICO EN NUESTRO CUERPO

El cuerpo humano es una máquina bioeléctrica, polarizada eléctricamente y toda la actividad electromagnética del entorno nos afecta. Cada impacto de rayo genera una radiación o pulso electromagnético peligroso para las personas. Los campos electromagnéticos artificiales perturban el magnetismo natural terrestre y el cuerpo humano sufre cambios de sus ritmos biológicos normales pudiendo sucumbir a diferentes enfermedades. Estos fenómenos están en estudio, pues pueden afectar la membrana celular a partir de una gran exposición en corto tiempo; en función de la radiación absorbida nuestro sistema nervioso y cardiovascular pueden estar afectados. Hoy en día está comprobado que las corrientes eléctricas de baja frecuencia con densidades superiores a 10 mA/m^2 afectan al ser humano, no solo al sistema nervioso sino también pueden producir extrasístoles. Toda radiación superior a 0.4 W/kg no podrá ser adsorbida correctamente por el cuerpo. El aumento repentino de 1 grado en el cuerpo puede producir efectos biológicos adversos, éste fenómeno puede ser representado por radiaciones de gigaherzios o microondas.

2.7.- TIPOS DE PARARRAYOS. PARARRAYOS DIPOLO CORONA.

1. Principal Característica. Este tipo de Pararrayos es del tipo Desionizador de Carga Electroestática (PDCE), incorporan un sistema de transferencia de carga (CTS), no incorporan ninguna fuente radioactiva. Su principio de funcionamiento se basa en la transferencia de la carga electroestática antes de la formación del rayo eliminando el fenómeno de ionización o efecto corona. El cuerpo del pararrayos está construido por dos discos de aluminio separados por un aislante dieléctrico todo ello soportado por un pequeño mástil también de Aluminio. Su forma es circular y el sistema está conectado en serie con la propia toma de tierra para transferir la carga electroestática a tierra evitando la excitación e impacto directo del rayo.



FIGURA 2.15 RAYO ATRAIDO POR LA PUNTA DIPOLO CORONA.

2. Su principio de funcionamiento. La característica principal es la de canalizar por el cable de tierra la diferencia de potencial entre la nube y la parte superior del pararrayos, el sistema conduce primero en sentido hacia arriba, por el cable de tierra física; la tensión eléctrica creada por la tormenta eléctrica al punto más alto del sistema, durante el desarrollo de la tormenta se generan campos de alta tensión que se concentran en el electrodo inferior (cátodo -) , a partir de una magnitud del campo eléctrico, el electrodo superior (ánodo +) atrae cargas opuestas para compensar la diferencia de potencial interna de la parte superior , durante el proceso de transferencia, en el interior del pararrayos se produce un flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo, este proceso natural anula el efecto corona en el exterior del pararrayos, no produciendo descargas disruptivas, ni ruido

perceptible, ni radiofrecuencia, ni vibraciones del conductor. Durante el proceso, se genera una fuga de corriente a tierra por el cable del sistema, los máximos valores que se generan en el tiempo de la tormenta eléctrica, son cercanos a los 350 miliamperios. En este instante el campo eléctrico en el ambiente no es superior la tensión de ruptura al no tener la carga suficiente para romper su resistencia eléctrica.

3. La principal función es proteger de los impactos directos el área de cobertura para evitar daños a las personas y estructuras, el sistema esta calculado para conducir la energía durante la formación del rayo desde la parte superior hasta la tierra física. (Las normas que rigen las instalaciones de sistemas de pararrayos, tierra física y bajada de cables cumplen las recomendaciones de las normas en baja tensión)

4. Los sistemas de pararrayos con características CTS proporcionan mayor protección que los pararrayos simplemente terminados en punta.



FIGURA 2.16 PUNTA DIPOLO CORONA.

ESPECIFICACIONES
ANGULO DE PROTECCION: 71° SUSTANCIAL
CORRIENTE MAX. DE DISEÑO: 30,000 AMPERES
PRNCPIO DE OPERACIÓN: DESIONIZADOR DE CARGA
ELECTROSTATICA PDCE
BARRA DE DESCARGA: DURALUMINIO
DIAMETRO: 16 MM.
LONGITUD: 1.8 M.
ARILLO EQUIPOTENCIAL: FUNDICION DE ALUMINIO
DIAMETRO: 160 MM.
EXITADOR TOROIDAL
DIAMETRO: 300 MM.
AISLAMIENTO NYLON
PESO TOTAL: 2.5 KG.



FIGURA 2.17 COMPONENTES DE LA PUNTA DIPOLO CORONA.

PARARRAYOS PUNTAS SIMPLE FRANKLIN

Analicemos algunos principios básicos: Son electrodos de acero o de materiales similares acabados en una o varias puntas, denominados Punta simple Franklin, no tienen ningún dispositivo electrónico ni fuente radioactiva. Su medida varía en

función del modelo de cada fabricante, algunos fabricantes colocan un sistema metálico cerca de la punta para generar un efecto de condensador. Su principio de funcionamiento. Durante el proceso de la tormenta se generan campos eléctricos de alta tensión entre nube y tierra (1). Las cargas se concentran en las puntas más predominantes a partir de una magnitud del campo eléctrico (2). Alrededor de la punta o electrodo aparece la ionización natural o efecto corona, resultado de la transferencia de energía. Este fenómeno es el principio de excitación para trazar un canal conductor que facilitará la descarga del fenómeno rayo (Leader). En función de la transferencia o intercambio de cargas, se pueden apreciar, en la punta del pararrayos, chispas diminutas en forma de luz, ruido audible a frito, radiofrecuencia, vibraciones del conductor, ozono y otros compuestos (efecto corona 3). Este fenómeno arranca una serie de avalancha electrónica por el efecto campo, un electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón, éste a su vez junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente. Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica (Trazador o canal ionizado) (4). El rayo es el resultado de la saturación de cargas entre nube y tierra, se encarga de transferir en un instante, parte de la energía acumulada; el proceso puede repetirse varias veces. El objetivo de estos pararrayos atrae-rayos es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica. Se conocen casos en los que parte del pararrayos ha desaparecido a causa del impacto, que superó los 200.000 Amperios. Algunos estudios demuestran que estos equipos no son eficaces.

PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO (PDC)

Analícemos algunos principios básicos. Están formados por electrodos de acero o de materiales similares acabados en una punta. Incorporan un sistema electrónico que genera un avance teórico del trazador; otros incorporan un sistema piezoeléctrico que genera un efecto similar. Los dos sistemas se caracterizan por anticiparse en el tiempo en la captura del rayo, una vez que se produce la carga del dispositivo electrónico de excitación (cebador). Las medidas de los cabezales varían en función del modelo de cada fabricante. No incorporan ninguna fuente radioactiva. Cabe destacar que en España se llaman "PDC", en Francia "PDA" y en USA "ESE".

El principio de funcionamiento sigue siendo el mismo que los pararrayos tipo Franklin, la diferencia tecnológica de estos equipos está en el sistema electrónico, que aprovecha la influencia eléctrica del aumento de potencial entre la nube y la tierra para autoalimentar el cebador. Son componentes electrónicos que están alojados normalmente en el interior de un envase metálico y colocado en la parte más cercana de la punta del pararrayos y sirve para excitar la avalancha de electrones (ionización). La excitación del rayo se efectúa ionizando el aire por

impulsos repetitivos. Según aumente gradualmente la diferencia de potencial entre el pararrayos y la nube, aparece la ionización natural o efecto líder. Son mini descargas que salen de la punta con más intensidad para ionizar el aire más lejos; este fenómeno es el principio de excitación para trazar un camino conductor intermitente que facilitará la descarga del fenómeno rayo.

El conjunto electrónico (cebador) está dentro de la influencia directa de los efectos térmicos, electrodinámicos y electromagnéticos que genera el impacto del rayo durante la descarga. En función de la intensidad de descarga del rayo, la destrucción del dispositivo electrónico es irreversible. A partir de ese momento, la eficacia del PDC no está garantizada.

Algunos fabricantes de PDC aconsejan en sus catálogos la revisión del dispositivo electrónico de cebado cada vez que recibe un impacto o descarga del rayo en el pararrayos para garantizar la eficacia del PDC.

PARARRAYOS DESIONIZADORES DE CARGA ELECTROESTÁTICA.

Pararrayos PDCE. El objetivo es evitar la saturación de carga electrostática entre la instalación de tierra y la atmósfera que nos rodea, concretamente compensar pacíficamente la diferencia de potencial eléctrico de la zona durante el primer proceso de la formación del rayo.

Se destacan por ser de forma esférica

Están instalados en la parte más alta de la instalación y conectados a tierra.

Durante la aparición en tierra del proceso de la carga electrostática del fenómeno del rayo, el pararrayos facilita la transferencia de energía a tierra y se transforma en una pequeña corriente de fuga que circula por el cable de tierra a la toma de tierra. El valor eléctrico resultante se puede registrar con una pinza amperimétrica de fuga a tierra. El valor máximo de lectura en plena tormenta no supera los 300 Mili-Amperios y es proporcional a la carga eléctrico-Atmosférica durante la tormenta. Los pararrayos se instalan según unas normativas actuales y se resumen en 4 elementos básicos:

La toma de tierra con una resistencia inferior a 10 ohmios.

El equipotencial de masas.

El mástil y cable conductor que conecta la tierra con el cabezal aéreo.

El pararrayos (Electrodo aéreo captador).

Características básicas. Se caracteriza por facilitar la transferencia de la carga electrostática entre nube y tierra antes del segundo proceso de la formación del rayo, anulando el fenómeno de ionización o efecto corona en la tierra.

El cabezal del pararrayos está constituido por dos electrodos de aluminio separados por un aislante dieléctrico. Todo ello está soportado por un pequeño mástil de acero inoxidable. Su forma es esférica y el sistema está conectado en serie entre la toma de tierra eléctrica y la atmósfera que lo rodea. Durante el proceso de la tormenta se genera un campo de alta tensión en tierra que es proporcional a la carga de la nube y su distancia de separación del suelo.

A partir de una magnitud del campo eléctrico natural en tierra, la instalación equipotencial de tierras del pararrayos, facilita la transferencia de las cargas por el cable eléctrico. Estas cargas, indiferentemente de su polaridad, se concentran en el electrodo inferior del pararrayos que está conectado a la toma de tierra por el cable eléctrico y situado en lo más alto de la instalación.

La baja resistencia del electrodo inferior del pararrayos en el punto más alto de la instalación, facilita la captación de cargas opuestas en el electrodo superior. Durante este proceso de transferencia de energía se produce internamente en el pararrayos un pequeño flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo. El efecto resultante genera una corriente de fuga, que se deriva a la puesta a tierra eléctrica de la instalación y es proporcional a la carga de la nube. Durante el proceso de máxima actividad de la tormenta se pueden registrar valores máximos de transferencia de 300 miliamperios por el cable de la instalación del pararrayos. La carga electrostática de la instalación se compensa progresivamente a tierra según aumenta la diferencia de potencial entre nube y tierra, neutralizando el efecto punta en tierra en un 100 % de los casos (Trazador o Líder). El cabezal captador del pararrayos no incorpora ninguna fuente radioactiva. El efecto de disipar constantemente el campo eléctrico de alta tensión en la zona de protección, garantiza que el aire del entorno no supere la tensión de ruptura evitando posibles chispas, ruido audible a frito, radiofrecuencia, vibraciones del conductor y caídas de rayos.

El objetivo del conjunto de la instalación, se diseña como Sistema de Protección Contra el Rayo (SPCR) donde el motivo principal es evitar la formación y descarga del rayo en la zona de protección.

EL INHIBIDOR DE RAYOS

Es un elemento de protección contra los rayos que evita la formación del canal trazador a través del cual se produce el impacto. De esta manera se impide el proceso natural de la formación del rayo en un área determinada.

La tierra y la nube se comportan como dos placas de un condensador, de manera que si la tensión entre placas aumenta suficientemente se llega al punto de ruptura y se produce el rayo. El principio físico de actuación del Inhibidor de rayos se basa en la descarga de este condensador de forma controlada y constante, a través de un flujo eléctrico del orden de miliamperios que se produce en su cabezal hacia la toma de tierra en momentos de campo eléctrico “entre placas” elevado, situación que se presenta cuando hay tormenta.

SISTEMA DINAESFERA 3000

El sistema dinaesfera 300 es un sistema de tecnología avanzada. Las características exclusivas de este sistema permiten que la captura y control del rayo sean fiables. El terminal aéreo DYNASPHERE constituye un punto

preferencial para la descarga de rayos que, de lo contrario, caerían y dañarían una estructura desprotegida y/o sus contenidos. DYNASPHERE se encuentra conectado óptimamente a un conductor de bajada ERITECH® ERICORE y a un sistema de puesta a tierra de baja impedancia de tal modo que forma un sistema totalmente integrado.

El ERITECH SYSTEM 3000 incluye los siguientes elementos:

- Terminal aéreo DYNASPHERE
- Conductor de bajada ERICORE
- Contador de rayos
- Sistema de puesta a tierra de baja impedancia especialmente diseñado.

Participación del sistema en la investigación de protección contra los rayos

El sistema 300ha investigado el proceso de protección contra los rayos a través de años de investigación que incluyeron estudios en campo a largo plazo. En el proceso de investigación también se han utilizado análisis de laboratorio, usando algunos de los laboratorios más importantes de ensayo en exteriores, e innumerables programas de estudios de investigación, incluso empresas conjuntas con científicos reconocidos en dicho campo. Esta amplia investigación ha permitido la publicación de algunos de los documentos y revistas técnicas más actualizados.

El sistema se compromete a desarrollar una variedad de estándares de protección contra los rayos a nivel mundial.

El SYSTEM 3000 ha evolucionado a partir de esta actividad de investigación las primeras versiones del SYSTEM 3000 proporcionaban un bloque de edificación para los últimos avances mediante amplios estudios en campo, ensayos de alto voltaje tanto en exteriores como en interiores de última generación y soporte de investigación mediante modelado en ordenador.

LOS ESTUDIOS A LARGO PLAZO DEMUESTRAN LA EFECTIVIDAD DEL SYSTEM 3000

El sistema ha llevado a cabo dos estudios sin precedentes de validación en campo a largo plazo del Método de Volumen de Captación de la protección contra caída de rayos con el sistema de protección contra los rayos SYSTEM 3000. El Método de Volumen de Captación (Collection Volume Method) (CVM), también conocido como el Modelo de Radio Atrayente de Eriksson, define el "volumen de captura" de puntos potenciales de caída sobre una estructura .

CVM considera los criterios físicos de la ruptura aérea junto con el conocimiento de la intensificación del campo eléctrico creada por puntos diferentes en una estructura.

El primer estudio llevado a cabo desde 1988 a 1996 en Hong Kong demostró que es posible dimensionar la eficacia o rendimiento de intercepción de un sistema de protección contra los rayos utilizando

datos de campo reales. Este método se desvía de los problemas relacionados con el ensayo en laboratorio que concluyen que los problemas relacionados con tamaños de escala son difíciles de resolver y que la reproducción exacta de los frentes de onda del campo eléctrico observados en la naturaleza puede ser problemática.

La cantidad de rayos capturados por el sistema de protección en estructuras involucradas en este estudio se obtuvieron de los "contadores de rayos" (LEC) ubicados alrededor del cable del conductor de bajada de la corriente del rayo. Sobretodo, los cálculos del "rendimiento" de una caída de rayo demuestran que la tasa de intercepción predicha por el CVM se encuentra en una excelente conformidad con la frecuencia observada de captura. Esto significa que la tasa de intercepción del rayo es por lo menos tan alta como los niveles de protección declarados, que oscilan entre 85 – 98%.

El segundo estudio llevado a cabo entre 1990 y 2000 inclusive en Malasia cuantificó la eficacia de intercepción. El estudio consistió en una muestra válida estadísticamente de las edificaciones de la región del Valle Klang de Kuala Lumpur.

Las 47 ubicaciones tenían entre 1 y 5 edificios por lugar con una altura de estructura promedio de 58 m. (190 pies). El nivel medio real de protección se encontraba en el 78%, confirmando que hasta el 22% de relámpagos de baja intensidad por debajo de los 10 kA podrían desviarse del sistema de protección contra los rayos (LPS). Los factores de mitigación tales como las restricciones del presupuesto y los cambios subsiguientes a las estructuras (p. ej., el añadido de antenas y extensiones) tuvieron impacto en el diseño inicial y evitaron que el nivel de protección fuera mayor. En el final del estudio, la eficacia de intercepción real era 86%, diez por ciento mejor que la predicha. Ambos estudios en campo a largo plazo están publicados en la actualidad en publicaciones de documentos científicos revisados por colegas en forma independiente.

SYSTEM 3000 apoyado por la implementación del Método de Volumen de Captación

La colocación de terminales aéreos en estructuras con frecuencia se lleva a cabo con el Método de Esfera Rodante (RSM), que se basa en el Modelo Electro Geométrico (EGM) para la distancia de caída. El EGM simple no representa los principios físicos del proceso de generación del rayo ascendente y la importancia de la altura de la estructura o la geometría de los objetos sobre dicha estructura. El RSM usa una distancia de caída fija, por lo general de 45 m., sin tomar en cuenta la altura o ancho de la estructura.

Esto significa que a una estructura con una altura de 5 m. se le asigna la misma área de captura y probabilidad de caída que a una torre de comunicación de 100 m.

Un modelo electro geométrico mejorado fue confeccionado en forma inicial por el Dr. A. J. Eriksson (1979, 1980, 1987). A fines de los ochenta, el modelo básico de Eriksson fue ampliado por los científicos e ingenieros de ERICO® para su aplicación a estructuras prácticas. Esto fue hecho mediante

modelado de campos eléctricos en ordenador alrededor de un rango amplio de estructuras de 3D y mediante la aplicación del concepto de “características de competencia” para determinar si una estructura se encuentra protegida o no. Este método se ha conocido a nivel mundial durante muchos años como el Método de Volumen de Captación (CVM). El CVM considera los criterios físicos de ruptura aérea junto con el conocimiento de la intensificación del campo eléctrico creada por puntos diferentes en una estructura. Entonces, el CVM usa esta información para proporcionar el sistema óptimo de protección contra caída de rayos para una estructura, es decir, la ubicación más eficaz de los terminales aéreos para un nivel de protección seleccionado.

Usando el enfoque moderno de gestión de riesgos, el resultado del CVM depende de los niveles de protección seleccionados por el usuario. Los

Terminal aéreo DYNASPHERE

Durante la fase dinámica de la tormenta, al acercarse el rayo descendente, la semiesfera o domo de la DYNASPHERE aumentará su voltaje a través de un acople capacitivo. Cuando el voltaje es lo suficientemente alto, se crea un arco de disparo entre la esfera y la varilla con descarga a tierra.

El arco de disparo tiene dos efectos:

(i) genera un gran número de electrones libres necesarios para iniciar un rayo ascendente

(ii) genera un incremento “de fijación” en el campo eléctrico sobre el terminal aéreo, lo cual otorga la energía adicional para iniciar y convertir un rayo ascendente de fuerte propagación.

Estos dos efectos generan la propagación estable del rayo ascendente para ayudar a garantizar la captura fiable del rayo. El tamaño del espacio entre el domo y la punta se optimiza para que el arco de disparo sólo tenga lugar cuando el campo eléctrico del ambiente es lo suficientemente fuerte para garantizar que se pueda crear una descarga ascendente estable para interceptar con eficiencia el rayo descendente.

Conductor de bajada ERICORE

Como una parte integral del SYSTEM 3000, el conductor de bajada aislado ERICORE envía la corriente de la descarga del rayo a tierra con un riesgo mínimo de arcos no controlables. Una envoltura exterior exclusiva semiconductiva permite el enlace electrostático del edificio a través de asientos de fijación de cables.

El conductor de bajada ERITECH ERICORE evolucionó después de estudios amplios del incremento de voltaje potencial en estructuras debido a la caída de un rayo. Este cable está compuesto por materiales dieléctricos seleccionados cuidadosamente, lo cual crea un equilibrio capacitivo y ayuda a garantizar la integridad del aislamiento bajo altas condiciones de impulso.

La capacidad exclusiva del ERICORE de confinar una corriente de descarga y soportar simultáneamente el enlace eléctrico garantiza riesgos mínimos al edificio, a los ocupantes y a elementos electrónicos sensibles.

Características técnicas y de diseño del ERICORE

Los conductores de bajada ERICORE se han diseñado para satisfacer los criterios de un conductor de bajada eficaz y fiable con las siguientes

Características principales:

- baja inductancia por metro
- baja impedancia de sobretensión
- distribución interna del campo eléctrico controlada cuidadosamente para minimizar los esfuerzos de campo bajo las condiciones de impulso de corriente
- terminal superior diseñado cuidadosamente para la reducción de esfuerzos

2.8.- NORMATIVAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Algunas de las normativas de pararrayos actuales. Las normas actuales de pararrayos tipo Franklin o PDC, no ofrecen unas garantías de protección. El contenido de la norma define cómo efectuar una instalación de pararrayos y tiene como objetivo salvaguardar la vida de las personas y animales junto a sus propiedades. Remarcan que “ en mayor o menor grado, aceptan que no existe una protección absoluta contra el rayo, sino sólo una protección adecuada “ .

Resumimos algún contenido de las diferentes normativas de cada país:

BS 6651 “ Esta guía es de naturaleza general... “ Se hace énfasis en que, aun cuando se suministre protección, el riesgo de daños a las estructuras a proteger nunca puede ser completamente efectiva.

IEC 61024-1 Parte uno: Principios Generales “Un sistema de protección contra el rayo, diseñado e instalado conforme a esta norma, no puede garantizar una protección absoluta a estructuras, personas u objetos; sin embargo, el riesgo de daños causado por el rayo a estructuras protegidas será reducido significativamente mediante la aplicación de esta norma”.

API 2003. Capítulo 5. Sección cinco - Probablemente, la propiedad más importante del rayo es su complejidad, por lo que no existe una norma del rayo... No puede asegurarse, en forma absoluta, la prevención o disipación en forma segura de la corriente de rayo, aun cuando se tomen las precauciones conocidas”.

NFC-17102 (Francia) dicen en su introducción, “Una instalación de protección contra el rayo concebida y realizada conforme a la presente norma, no puede, como todo proceso en el que intervienen elementos naturales, asegurar la protección absoluta en las estructuras, de las personas o de los objetos...”.

UNE 21186.(España), es una traducción textual de la NFC-17102.

Algunas normativas dejan abierta la posibilidad de aplicar otros sistemas de protección, donde la necesidad de soluciones para la protección del rayo sea particularmente más exigente. Cabe recordar, que las actuales normativas están reguladas por grupos de trabajo, donde participan activamente los fabricantes de pararrayos, para adaptar las propias normas a sus exigencias de producto y poder así controlar su propio mercado. Existe una gran necesidad de revisar las normativas a nivel mundial, en ellas no se tendría que favorecer a los fabricantes, sino que se tendría que dar prioridad a la protección de las personas e instalaciones.

Paradójicamente las normativas de pararrayos incumplen de lleno con los requisitos eléctricos de los Reglamentos Electrotécnicos de Baja Tensión a nivel mundial, donde la prioridad, es evitar tensiones de paso peligrosas, evitar equipos que generen perturbaciones electromagnéticas, evitar sobretensiones y proteger sobre todo a las personas de posibles descargas eléctricas.

Ensayos de pararrayos en laboratorio según la normativa.

Los ensayos experimentales en un laboratorio técnico de alta tensión, sólo se tendrían que utilizar a nivel técnico comparativo como referencia para que el fabricante pudiera comprobar la efectividad técnica del cabezal aéreo (capta-rayos o pararrayos) que se lleva a ensayo.

No se podrán representar jamás en un laboratorio técnico, todos los parámetros variables de los fenómenos naturales que están implicados estrechamente en la transferencia, excitación y descarga del rayo.

Los parámetros y procedimientos que se utilizan actualmente en un laboratorio técnico de alta tensión, son fijos dentro de un protocolo y características técnicas. La configuración del ensayo no tiene que ver en absoluto con las tan diferentes configuraciones de las instalaciones de pararrayos. En el campo de aplicación de una instalación de pararrayos, intervienen muchos fenómenos medioambientales y diferentes contextos geográficos, formas arquitectónicas, materiales que pueden interferir positiva o negativamente en la transferencia, excitación y descarga de la energía del rayo.

El ensayo experimental de un pararrayos en un laboratorio técnico de alta tensión no contempla el resto de los componentes de una instalación de un pararrayos, es decir, el mástil, los soportes, el conductor eléctrico, la toma de tierra, etc.

Las pruebas de eficacia de un sistema de protección del rayo, tienen que ser efectuadas en el campo de aplicación y comprobar que cumplan con el objetivo para lo cual todo el conjunto de la instalación de un pararrayos ha estado diseñada, efectuando un seguimiento en tiempo real del fenómeno rayo y unas revisiones periódicas de mantenimiento. En los ensayos de campo, se tienen que verificar las perturbaciones electromagnéticas que genera cada instalación para poder evaluar el riesgo que esta genera en cada impacto de rayo.

2.9.- CONTADOR DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Introducción:

El contador de descargas atmosféricas, o contador de rayos, es un dispositivo electrónico diseñado para detectar los impactos de rayos en las instalaciones de protección atmosférica, y permitir el control y verificación inmediata de las mismas.

Funcionamiento:

El contador de rayos modelo TG-LC detecta la energía derivada a tierra a través de un conductor cuando se produce el impacto de un rayo. El dispositivo registra cada uno de los impactos incrementando en uno un contador electrónico. El TG-LC se instala en el bajante del pararrayos a dos metros del suelo.

Normatividad:

La instalación de contadores de rayos esta indicada en las normas *UNE 21.186* y *NFC 17.102* con el fin de verificar inmediatamente el estado del pararrayos después del impacto de un rayo: "Un sistema de protección contra el rayo ha de ser verificado después de cualquier impacto de rayo registrado en la estructura".

Especificaciones Técnicas

Medidas en cm	18.5X 8.5 X 6
Peso en Gramos	300gr
Intensidad mínima	2KA (8/20 μ s)
Intensidad máxima	100 KA (10/350 μ s)
Rango	0 - 99
Grado de protección	IP 65

2.10.- ACCESORIOS PARA EL MONTAJE DE LOS PARARRAYOS.

TORRES GALVANIZADAS Y ACCESORIOS TRAMOS DE TORRE

TGTZ-35	Tramo de torre para zonas de fuertes vientos, resistentes a la humedad media. Altura maxima de 45 mts. Requiere retenidas cada 9 mts. Cada tramo pesa 20.6 Kg y mide 3 mts. De largo mas 10 cm. de niple. La torre esta formada por tubo de 1 1/4" con semiflecha en zig zag rigida 5/16 con ancho de 30 cm. que le otorga una alta resistencia.
TGTZ-45	Tramo de torre para zonas de fuertes vientos, resistentes a la humedad media. Altura maxima de 60 mts. Cada tramo pesa 25.5Kg Mide 3 mts. De largo mas 12 cm. de niple. La torre esta formada por tubo de 1 1/4" con semiflecha en zig zag rigida 3/8 con ancho de 30 cm. que le otorga una alta resistencia.
TGTZ-30	Tramo de torre para zonas de fuertes vientos, resistentes a la humedad media. Altura maxima de 30 mts. Requiere retenidas cada 6 mts. Cada tramo pesa 12.5 Kg y mide 3 mts. De largo mas 10 cm. de niple. La torre esta formada por tubo de 7/8" con semiflecha en zig zag rigida con ancho de 30 cm. que le otorga una alta resistencia.



FIGURA 2.18 TORRES.

TRAMOS DE REMATE / COPETE

Los tramos de remate están hechos en formadores de alta precisión, por lo cual su torre quedara perfectamente recta y vertical sin necesidad de ajustes. Se recomienda el uso del remate para proteger su torre del agua de la lluvia en el interior.

TGCZ-30	Tramo de remate para TGTZ-30 galvanizado.
TGTZ-35	Tramo de remate para TGTZ-35
TGTZ-45	Tramo de remate para TGTZ-45



FIGURA 2.19 REMATES.

BASES Y BRIDAS PARA TORRES

TGBA-30	Base para torres de 30 cms. Fabricadas con placa de 1/4
TGAB-30	Ancla para base TGBA-30/TGBZ-35
TGBZ-35	Base para torres TGTZ-35
TGBZ-45	Base para torres TGTZ-45
TGJB-30	Juego de bridas (3) para torre de 30 mts. Incluye tornilleria y tuerca de seguridad.
TGJB-35	Juego de bridas (3) para torre de 45 mts. Incluye tornilleria y tuerca de seguridad.
TGJB-45	Juego de bridas (3) para torre de 60mts. Incluye tornilleria grado 5 y tuerca de seguridad.



FIGURA 2.20 BASES Y BRDAS PARA TORRES.

ANCLAS PARA PISO / PARED

TGAP-01	Ancla de pared para torre de 30 mts. Fabricada con varilla redonda lisa de 1/2 con longitud de 65 cms.
TGAP-02	Ancla de piso para torre de 30 mts. Fabricada con varilla redonda lisa de 1/2 con longitud de 90 cms.
TGAZ45	Ancla de pared para torre de 45 mts. Fabricada con varilla redonda lisa de 3/4 con longitud de 90 cms remate en la parte inferior.
TGAZ60	Ancla de piso para torre de hasta 60 mts. Fabricada con varilla redonda lisa de 3/4 y placa de 1/2 de espesor con una cara de 50 cms. Mide 195 cms



FIGURA 2.21 ANCLAS PARA RISO Y PARED.

RETENIDAS Y ELEMENTOS AUXILIARES

TGRET-316	Cable de retenida de 3/16
TGCUE-316	Cuello para cable de 3/16
TGRET-140	Cable de retenida de 1/4
TGCUE-140	Cuello para cable de 1/4
TGPE-316	Abrazadera tipo perro para cable de 3/16
TGPE-140	Abrazadera tipo perro para cable de 1/4
TGAC	Aislador para cable desnudo, este accesorio ayuda a mantener la trayectoria del cable desnudo del parrarayos aislado por completo de la estructura de la torre.



FIGURA 2.22 RETENIDAS.

LAMPARAS DE OBSTRUCCION Y ACCESORIOS

TGLOP	Lampara de obstruccion con globo de color rojo irrompible, incluye foco
TGHU	Herraje universal sencillo para lampara de obstruccion, se puede montar en todas las torres.
TGFC	Interruptor fotocelda para luz de obstruccion.
TGLR	Lampara de obstruccion roja de 12 V.
TGLA	Lampara de obstruccion ambar de 12 V.



FIGURA 2.23 LAMPARAS DE OBSTRUCCION Y SUS ACCESORIOS.

BASE PARA MASTIL

Base multiposiciones para mástil de sistema pararrayos diseñada en acero, y pintura de esmalte anticorrosivo, resistente para exteriores con garantía por 10 años ideal para techos con inclinaciones extremas , sobre posiciones horizontales y verticales .

Puede ser instalada en cualquier tipo de superficie, 100% reutilizable .

Facilita la instalación en superficies irregulares o en desnivel, asegura la firmeza del mástil y asegura una buena trayectoria del cable cumpliendo con normativas.

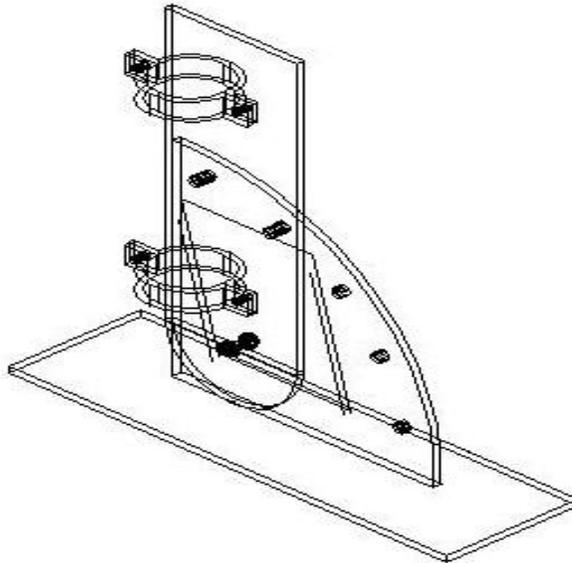


FIGURA 2.24 BASES PARA MASTIL.

DIMENSIONES

- Altura: 50 cm
- Largo (Base): 50 cm
- Diámetro interior Abrazadera: 3 pulgadas
- Refuerzo 20 x 23 cm
- Placa 5/16 y 1/4

ABRAZADERA PARA MASTIL

Abrazadera para mástil de sistema pararrayos, modelo económico, diseñada en acero, y pintura de esmalte anticorrosivo, resistente para exteriores con garantía por 10 años ideal para superficies verticales.

Puede ser instalada en cualquier tipo de superficie.

Pueden instalarse de 2 a 4 piezas según la longitud del mástil y el tipo de superficie.



FIGURA 2.25 ABRAZADERA PARA MASTIL.

DIMENSIONES:

- Ancho (Base): 1.5 pulgadas
- Largo (Base): 7 pulgadas
- Diámetro interior Abrazadera: 3 pulgadas

2.11.- NORMAS DE INSTALACIÓN DE TORRES

Instrucciones de Montaje Torre TG 45

1.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El cálculo se ha realizado para una velocidad de viento de 160 Km/h.
Se ha considerado una resistencia mecánica del terreno de 2 Kg/cm². (terreno normalmente compacto).

2.- NORMA

La Normativa que ha servido de base para el cálculo ha sido la siguiente:

- Norma NBE-EA-95 (Acero)
- Norma FC-250 (Concreto)
- Normas NTE-EXV y NBE-AE-88 (Acciones y coeficientes)
- Norma NTE-ECV (Cargas de viento)
- Norma TIA/EIA(1)-222-F (Junio/96, USA). (Para una capa de hielo de 1cm)

Estructuras:

- Estructuras de acero: 1.50
- Estructuras de hormigón:

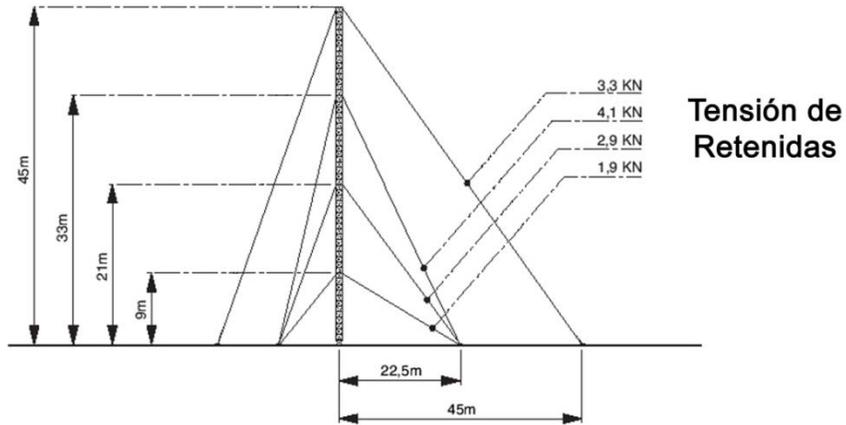
Acciones variables de control: 1,80 compresión

Acciones permanentes de control variable: 1,60 tensión

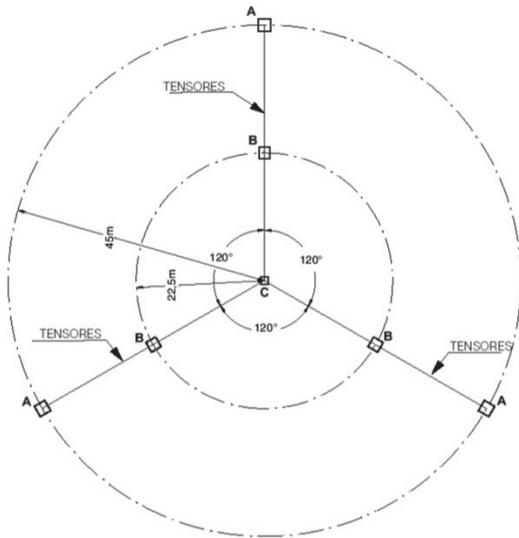
3.- TIPO DE TUBO DE LA TORRE.

Son tubos estructurales de acero.

Todos los tramos de la torre por su fabricación facilitan el montaje en la obra.



Distancia de Base a el Ancla
Punto de Tensión Vertical



Vista en Planta de Anclas y Tensores

FIGURA 2.26 TUBOS DE TORRE.

4.- ELEMENTOS DE LA TORRE.

La torre es de base triangular y está formada por 15 tramos de torre de 3,0 mts. Cada elemento se compone de:

- 3 tubos montados verticales
- Barras de arriostramiento horizontal e inclinado de acero liso y su límite elástico: $T_e = 2600 \text{ Kp/cm}^2$.

La sección horizontal de la torre define un triángulo equilátero de 45 cms. de lado a ejes de montantes.

Los planos horizontales de arriostramiento están a 40 cms.

La torre está arriostrada con 6 retenida a 120° c/u y de $\varnothing 6$ de $1 \times 7 + 0$ de carga mínima de rotura $T_r < 14.000 \text{ Kp/cm}^2$. 1400 N/mm^2 y carga de rotura 2.700 Kp (27 KN)

5.- DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE TORRE

Referencia	Descripción	Referencia	Descripción
	Tramo base		Base
			
	Tramo medio		
			Ancla para Retenida
			
	Tramo punta		
			

Elementos de Torre TG 45

FIGURA 2.27 ELEMENTOS DE LA TORRE.

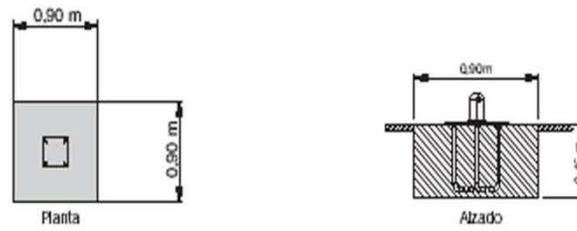
6.- CIMENTACION

Las cimentación se han estimado para una resistencia admisible del terreno de 2 Kg/cm^2 , aunque podrían aceptarse terrenos con resistencia admisible de 1 Kg/cm^2 .

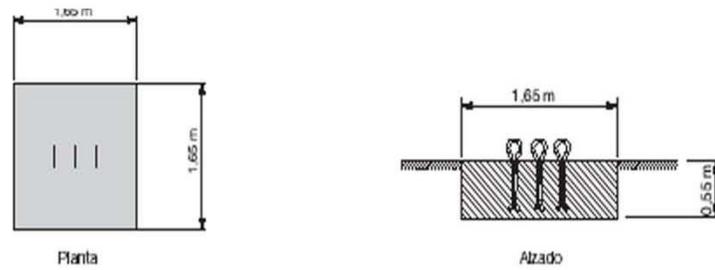
El concreto a emplear tendrá una resistencia característica mínima de (FC-250)

En función del emplazamiento concreto, estudio geotécnico y nivel de control, deberán reconsiderarse los cálculos.

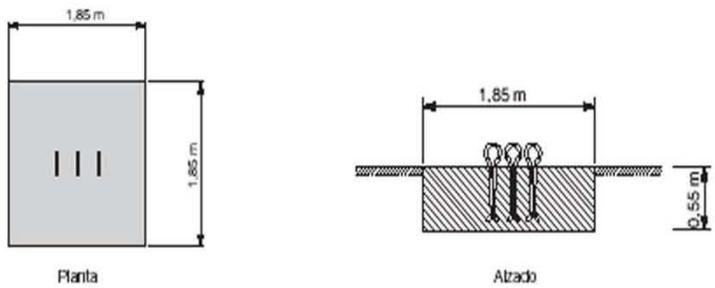
Cimentación para Base



Cimentación para Anclas de Retenidas



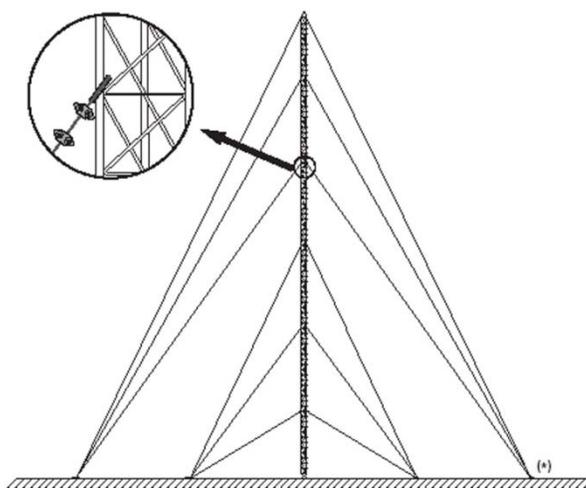
Cimentación para Anclas de Retenidas para una Distancia de la Base de 45



Detalles de la cimentación

FIGURA 2.28 TIPOS DE CIMENTACIONES

7.- ESTRUCTURA (vientos)



Detalla de Retenida

FIGURA 2.29 ESTRUCTURAS.

8.- SEÑALIZACIÓN

De acuerdo con las normas de la SCT. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) y la OMA (Organización Mundial de Aviación), los tramos deberán colocarse alternativamente en colores blanco y rojo aeronáuticos, siendo de este último color los extremos, con el fin de ser fácilmente distinguidos durante el día. Los tramos pueden estar formados por mas de un elemento seguido del mismo color, manteniendo siempre la misma proporción entre los colores (rojo/blanco - rojo, rojo/blanco, blanco - etc.).

En torres con altura superior a los 45m. Deberá colocarse además un balizamiento nocturno, consistente en tres luces dobles cada 45m y en color rojo.

9.- RECOMENDACIONES IMPORTANTES

Se recomienda también la revisión de toda la estructura después de fuertes tormentas de viento o hielo u otras condiciones extremas.

Así mismo, se recomienda la revisión periódica de la estructura en zonas de alta concentración de salinidad (zonas costeras) y zonas con ambientes corrosivos.

Se desecharán tramos en los que se aprecie deformaciones producidas durante el transporte, montaje, desmontaje o vida útil de la torre.

Se procederá a revisiones anuales y reparaciones en su caso de todas las incidencias observadas.

- Desalineaciones y deformaciones.
- Revisión soldaduras.
- Revisión pintura.
- Revisión uniones de cables.
- Revisión cables.
- Tensión de los cables (medir*).

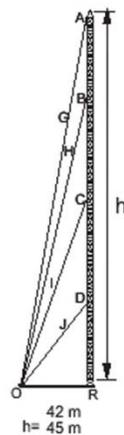
* La tensión de los cables medida, está sujeta a pequeñas variaciones en función del viento y la temperatura.

No medir o ajustar los cables en condiciones de fuerte viento.

10.- OTROS DATOS DE INTERES

- El peso estimado de cada módulo de 3 m. es del orden de 45 Kg.
- La longitud total de vientos a emplear es del orden de 939 m. l. y el peso de todos los cables es de 165 Kg.

11.- DATOS TECNICOS



Detalle para Torre de 45 mts

FIGURA 2.30 DETALLE DE TORRE.

CAPTITULO 3: PROTECCION CONTRA TRANSITORIOS.

3.1.- ¿QUÉ SON LOS PICOS Y SOBRECARGAS?

Los picos y sobrecargas son un aumento en el voltaje "normal" de la línea eléctrica, con frecuencia provocado por un cambio o demanda súbitos de más electricidad, como ocurre al poner en funcionamiento un electrodoméstico grande, un triturador de basura, un acondicionador de aire, una lavadora, una secadora, etc.

Un **pico** mide habitualmente menos de 500V y dura menos de dos segundos.

Una **sobrecarga**, por definición, tiene una duración mucho más corta, de menos de una milésima de segundo (un milisegundo) pero puede ser de hasta miles de voltios.

Ambos tipos de perturbación pueden dañar el equipo electrónico de modo que sea imposible repararlo. Además del cambio en la demanda de electricidad, el mal tiempo (rayos) y los trabajos de mantenimiento usuales de la compañía eléctrica pueden producir picos de corriente dañinos en las líneas eléctricas.

3.2.- ¿QUÉ SON LOS TRANSITORIOS?

Los transitorios son voltajes de alta magnitud que se presentan por un tiempo muy corto, del orden de los micro o nanosegundos. En cualquier puntos de sobre el voltaje de línea.

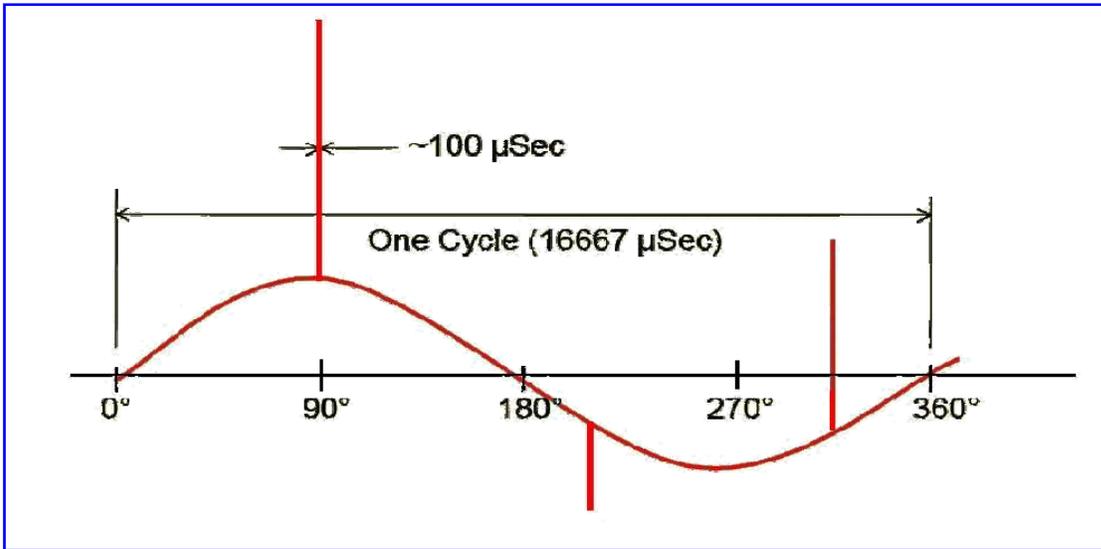


FIGURA 3.1 TRANSITORIO

Origen de los Transitorios

- Rayos
- Fuentes de Switcheo
- Equipos de conexión y desconexión de energía.
- Motores.
- Lámparas
- Impresoras
- PCS.

Generación de transientes

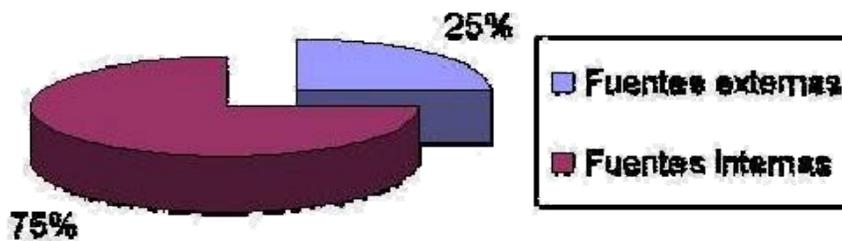


FIGURA 3.2 FUENTES QUE GENERAN LOS TRANSIENTES.

CONSECUENCIAS GENERADAS POR LOS TRANSITORIOS

PERDIDAS ECONOMICAS

- Computadoras.
- Telecomunicaciones.
- Audio, video, sistema de vigilancia.
- Maquinaria y equipo industrial.

PERDIDAS ECONOMICAS POR TIEMPO MUERTOS

- Perdidas por tiempo en reemplazar componentes o equipo electrónico.

PERDIDAS DE INFORMACION.

- Discos duros dañados.

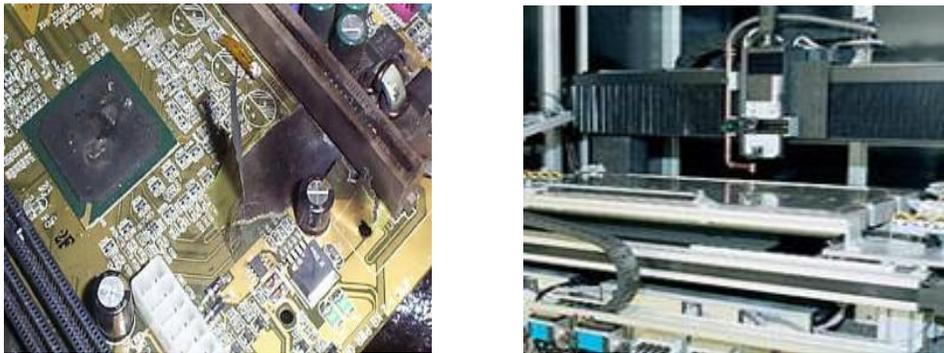


FIGURA 3.3 EQUIPOS DAÑADOS POR TRANSITORIOS.

3.3.- CÓMO FUNCIONAN LOS SUPRESORES DE PICOS

Los supresores de picos actúan como esponjas eléctricas que absorben el voltaje excesivo peligroso y evitan que en su mayor parte alcance su equipo sensible.

Como las esponjas, los protectores de picos tienen una capacidad de absorción limitada. Una vez que se alcanza su capacidad, la unidad ya no protege su equipo y debe sustituirse.

Cómo elegir un supresor de picos

Un supresor de picos de buena calidad tiene las siguientes características:

Voltaje de sujeción UL 1449: Underwriters Laboratories (UL) clasifica el voltaje de sujeción de los supresores de picos. A más baja calificación, mayor protección. La clasificación UL más baja para voltaje de sujeción es de 330 voltios. UL prueba los supresores de picos domésticos a 500 amperes. Otros tipos de supresores, como los que se ocupan de toda la casa o los modelos industriales de trabajo pesado, tienen numerosas diferencias en su programa de pruebas. Al comparar el voltaje de sujeción, asegúrese de que la clasificación refleje los resultados de pruebas a 500 amperes.

Protección de 3 líneas: Los picos pueden ocurrir entre las líneas viva, neutral o de tierra. Escoja una unidad que proteja las tres líneas.

Interruptor de circuito: Un interruptor detiene el flujo de electricidad cuando hay una sobrecarga de circuito que no tiene relación con sobrecargas y picos de voltaje.

Luz indicadora de tierra: Esta luz muestra que la línea de tierra ofrece seguridad.

Tiempo de respuesta: Esta clasificación indica qué tan rápidamente puede reaccionar un supresor de picos. Mientras más rápido, mejor.

Luz indicadora: Este indicador le permite saber que la unidad lo está protegiendo. Una vez que la unidad haya llegado al límite de su capacidad y ya no esté ofreciendo protección, la luz se apagará.

Protección de interrupción de la energía: Esta función interrumpe la energía a todos los enchufes cuando la unidad haya cubierto su capacidad de proteger. La interrupción de la energía impide que nuevos picos o sobrecargas lleguen al equipo conectado antes de que se sustituya el supresor de picos. Esto le asegura que mientras la unidad tenga energía, lo protegerá.

Protección de línea de cable: Las líneas coaxiales de cable pueden llevar picos y sobrecargas. Para tener una protección completa de su TV y VCR, debe proteger la línea del cable además de la línea eléctrica. Para proteger este equipo, seleccione un supresor de picos que tenga protección de línea coaxial.

Protección de línea de satélite digital: Las líneas de satélite digital también pueden conducir picos y sobrecargas. Sin embargo, estas líneas no se pueden conectar a conectores de cable coaxial estándar. Asegúrese de elegir un supresor de picos con conectores especialmente diseñados para satélites digitales.

Protección de línea telefónica: En las líneas telefónicas también pueden producirse picos. Los teléfonos, contestadores, faxes y módems pueden verse dañados por picos en las líneas telefónicas. Para proteger este equipo, seleccione un supresor de picos que tenga protección de línea telefónica.

EMI/RFI: La interferencia electromagnética (EMI) y la interferencia de frecuencias de radio (RFI) son tipos de ruido en la línea eléctrica que pueden interferir con el desempeño del equipo y causar pérdidas en la memoria. Al comparar las especificaciones de EMI/RFI, entre más amplio sea el rango de frecuencias (kHz a MHz) y mayor la reducción de ruido en decibeles (dB) a lo largo de ese rango de frecuencias, mejor será el filtrado.

Por qué se necesita instalar un supresores de picos

La supresión de picos es importante porque incluso los pequeños picos o sobrecargas pueden destruir o afectar el rendimiento de equipo electrónico costoso, como las computadoras, los teléfonos, los faxes, los televisores, las videocaseteras, los equipos de sonido y los hornos de microondas. El daño se puede dar ya sea instantáneamente o al paso del tiempo, conforme pequeñas sobrecargas van causando el deterioro gradual de los circuitos internos. El uso común de microprocesadores (chips) ha aumentado la necesidad de supresión de picos, porque estos procesadores son generalmente muy sensibles a las fluctuaciones de voltaje.

Sugerencias de seguridad sobre supresores de picos

No supere la clasificación eléctrica del producto.

Los supresores de picos están diseñados para ser usados en sitios secos dentro de la casa.

Los supresores de picos no están diseñados para ser usados con acuarios.

Si el supresor de picos incluye un cable de alimentación:

Desenrolle el cable antes de usar el supresor.

No cubra el cable con ningún material.

No permita que niños ni mascotas se acerquen al cable.

No conecte un supresor de picos en un cable de extensión.

DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL SUPRESOR.

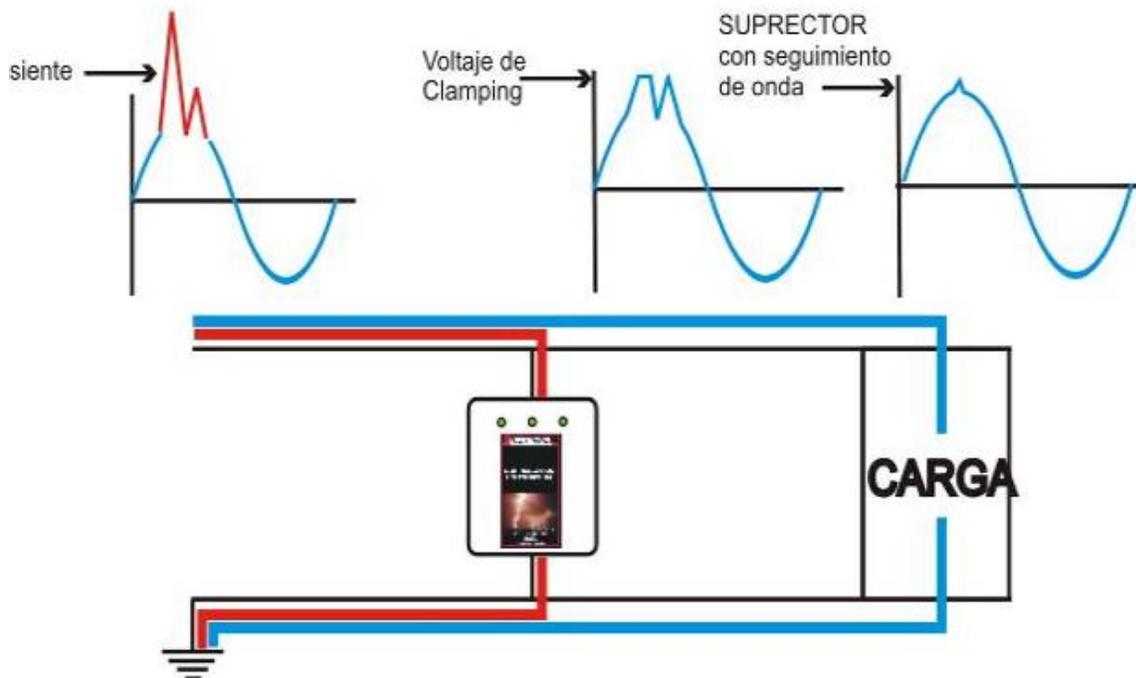


FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL SUPRESOR.

3.4.- TIPOS DE PROTECCIÓN

- CLASE C.
Instalación exterior y acometida.
- CLASE B.

Alimentadores y circuitos derivados cortos, tableros de distribución.

Tomacorrientes para aparatos grandes con cableados cercanos a la acometida.

- Clase A:

Tomacorrientes y circuitos derivados largos.

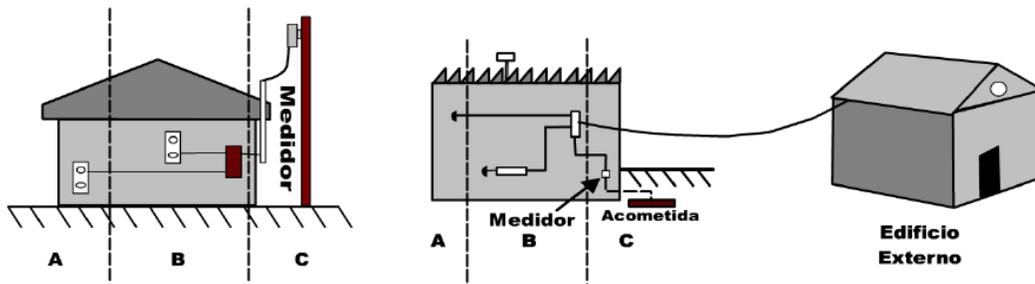


FIGURA 3.5 LUGARES DONDE SE INSTALAN LOS SUPRESORES DE PICOS.

Voltajes de operación

- Voltaje Clamping es el voltaje máximo que permite pasar el supresor.
- V_{pico} : es el valor de voltaje máximo de línea.
- V_{rms} : es el valor de voltaje efectivo. (root-mean-square)

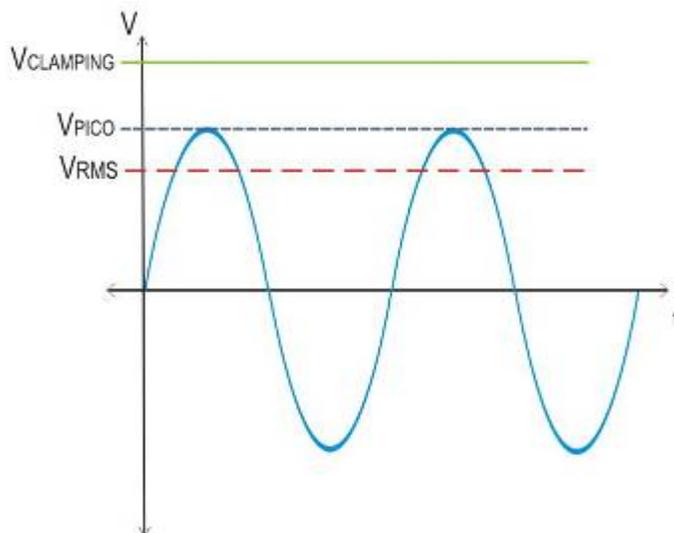


FIGURA 3.6 VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL SUPRESOR.

Seguimiento de onda

- El seguimiento de onda se utiliza para eliminar ruido de alta frecuencia y para atenuar el transiente residual de los componentes de supresión.

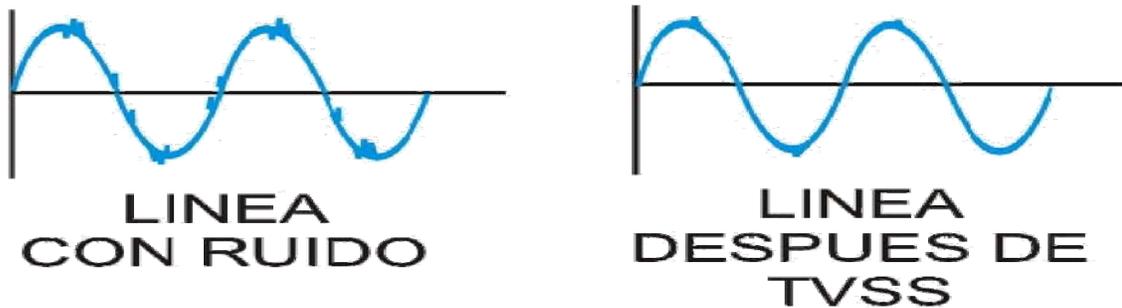


FIGURA 3.7 SEGUIMIENTO DE ONDA DEL SUPRESOR.

Modos de protección

- Protección fase a neutro (F-N)
- Protección fase a tierra (F-GND)
- Protección de neutro a tierra (N-GND)
- Protección de fase a fase (F-F)

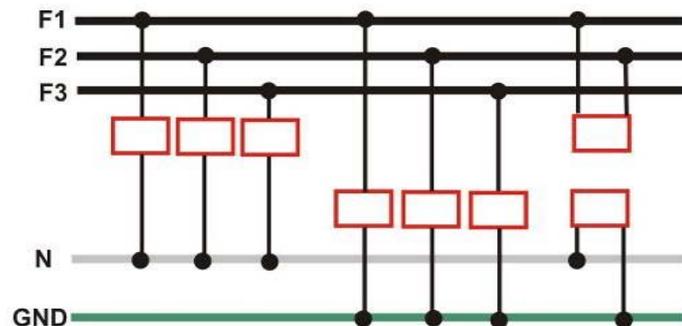


FIGURA 3.8 MODOS DE PROTECCION DEL SUPRESOR DE PICOS.

Tecnologías utilizadas

- MOV (Metal Oxid Varistor)
- Híbrida (MOV, SAD, Seguimiento de onda)
- MOV con Seguimiento de onda (filtro EMI/RFI)

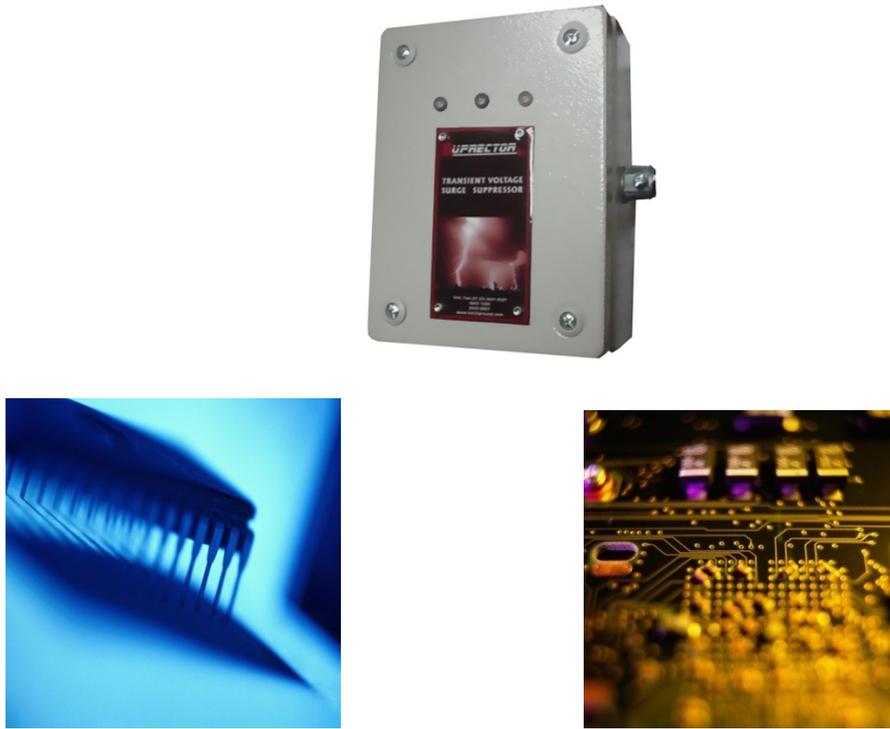


FIGURA 3.9 TECNOLOGIAS Y GABINETE DEL SUPRESOR.

3.5.- CLASIFICACION DE LOS SUPRESORES.

Norma IEEE C62.41 determina 3 categorías de utilización de los supresores que depende del lugar donde serán instalados

Supresores Tipo A.

Aquellos que se instalan como protección directa de las cargas, (salidas de tomacorriente, multitomas).

Supresores Tipo B.

Aquellos que se instalan como protección de alimentadores de gran potencia y circuitos ramales cortos. (en tableros de distribución secundarios)

Supresores Tipo C.

Aquellos que se instalan como protección primaria en la cabecera de la instalación contra sobretensiones externas. Punto de entrada entre el transformador y el primer medio de desconexión (en tableros de distribución principales a la salida del transformador).

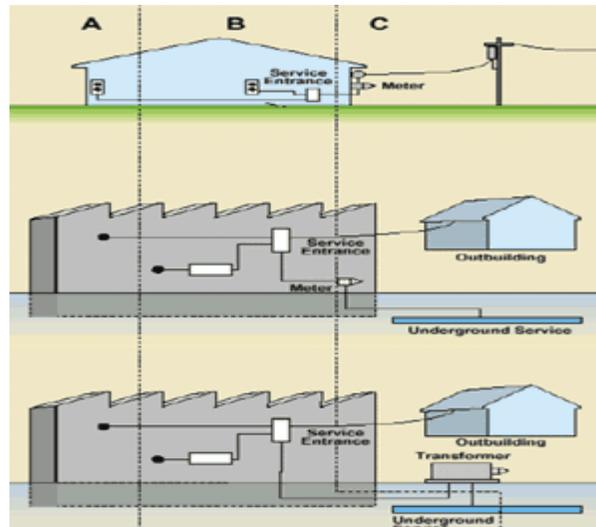


FIGURA 3.10 IMPLEMENTACION DEL SUPRESOR.

Selección del Supresor clase B y C.

Protección por LINEA	Clase	Lugar sugerido de Aplicación.
60 KA	<u>B</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tableros Secundarios con pocos elementos inductivos y capacitivos ▪ Sites de telecomunicaciones sin UPS

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pequeñas Oficinas ▪ Centros de Computo Pequeños
80KA	<u>B</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tableros Secundarios previos a Tablero Regulado. ▪ Áreas con Pocos sistemas de switcheo y arranque o apagado de motores. ▪ Sites de telecomunicación con UPS (< 30 KVA) ▪ Tableros de Iluminación ▪ Equipos Digitales
120KA	<u>B</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sites de telecomunicación con UPS (>30 KVA) ▪ Tableros Secundarios de Alta incidencia de Transitorios ▪ Tableros para aires acondicionados e iluminación ▪ Áreas con mas de 50 computadoras ▪ Tableros Principales con poca carga.
200KA	<u>C</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tablero Principal con carga media ▪ Tableros de Producción ▪ Áreas Secundarias con alta incidencia de Transitorios.
320KA	<u>C</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interruptores Principales ▪ Tableros Principales de carga alta.

Tabla 3.1 Equipos que se protegen con el supresor clase B y C.

SUPRECTOR. CLASE B

Los supresores de transitorios SUPRECTOR clase B están diseñados para brindar la mejor protección a tableros secundarios, especialmente a los de carga crítica.

APLICACIONES

El supresor de clase B protege y da seguridad a equipos de eventos transitorios originados por factores internos y externos.

Los supresores clase B están diseñados para brindar protección en tableros secundarios o de distribución, preferentemente formando parte de una red de supresión en cascada.

DISEÑO

Los supresores cuentan con bancos de varistores formados por varistores de 10,000 amperes cada uno. Estos bancos de varistores brindan la mejor protección y cuentan con fusible térmico integrado para garantizar un mejor funcionamiento del equipo evitando que el elemento de supresión flamee protegiendo los demás componentes internos.

El supresor cuenta con seguimiento de onda, lo que brinda una señal libre de transitorios y ruido a equipos delicados.

DESCRIPCIÓN.

- Gabinete de acero NEMA 4
- Peso: 1.6 Kg.
- Cable de conexión Cal #12-10.
- Conexión en Paralelo
- Frecuencia de operación 50/60 Hz
- Temperatura de operación -40°C a 85°

DIMENSIONES:

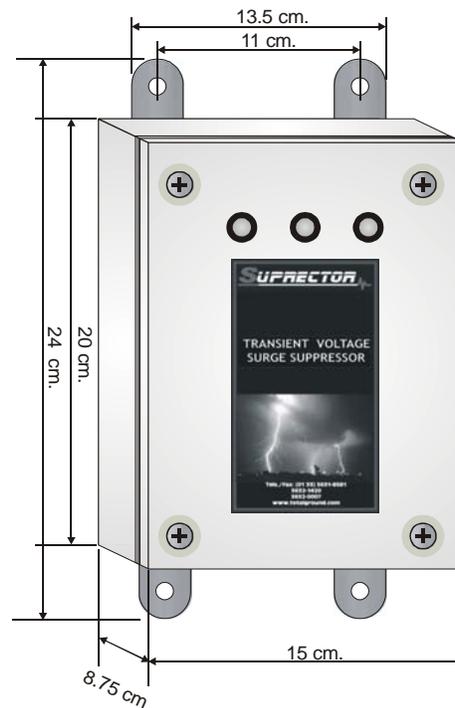


FIGURA 3.11 GABINETE DEL SUPRESOR.

DIAGNÓSTICO DE OPERACIÓN.

1. LED(s) prendido(s) en VERDE = PROTEGIDO, el indicador encendido en verde se encuentran protegidas.
2. LED(s) prendido(s) en ROJO = DESPROTEGIDO, el indicador encendido en rojo indica que se encuentra desprotegida. Revisar el voltaje de línea y el diagrama de instalación. Si todo se encuentra correctamente se debe reemplazar el supresor.

Modelo	Voltaje	Configuración	MCOV	Voltaje Clamping	Protección
SUPR601FA	120/208 V, 120/240 V.	1 Fase (Y), 2H+G	150	395	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR602FA	120/208 V, 120/240 V.	2 Fases (Y), 3H+G	150	395	Línea: 60 KA Modo: 30KA

SUPR603FA	120/208 V, 120/240 V.	3 Fases (Y), 4H+G	150	395	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR601FB	220/380 V.	1 Fase (Y), 2H+G	275	710	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR602FB	220/380 V.	2 Fases (Y), 3H+G	275	710	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR603FB	220/380 V.	3 Fases (Y), 4H+G	275	710	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR601FC	277/480 V.	1 Fase (Y), 2H+G	320	840	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR602FC	277/480 v.	2 Fases (Y), 3H+G	320	840	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR603FC	277/480 V.	3 Fases (Y), 4H+G	320	840	Línea: 60 KA Modo: 30KA
SUPR801FA	120/208 V, 120/240 V.	1 Fase (Y), 2H+G	150	395	Línea: 80 KA Modo: 40KA
SUPR802FA	120/208 V, 120/240 V.	2 Fases (Y), 3H+G	150	395	Línea: 80 KA Modo: 40KA
SUPR803FA	120/208 V, 120/240 V.	3 Fases (Y), 4H+G	150	395	Línea: 80 KA Modo: 40KA
SUPR801FB	220/380 V.	1 Fase (Y), 2H+G	275	710	Línea: 80 KA Modo: 40KA
SUPR802FB	220/380 V.	2 Fases (Y), 3H+G	275	710	Línea: 80 KA Modo: 40KA
SUPR803FB	220/380 V.	3 Fases (Y), 4H+G	275	710	Línea: 80 KA Modo: 40KA
SUPR801FC	277/480 V.	1 Fase (Y), 2H+G	320	840	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR802FC	277/480 V.	2 Fases (Y), 3H+G	320	840	Línea: 120KA Modo: 60KA

SUPR803FC	277/480 V.	3 Fases (Y), 4H+G	320	840	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1201FA	120/208 V, 120/240 V.	1 Fase (Y), 2H+G	150	395	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1202FA	120/208 V, 120/240 V.	2 Fases (Y), 3H+G	150	395	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1203FA	120/208 V, 120/240 V.	3 Fases (Y), 4H+G	150	395	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1201FB	220/380 V.	1 Fase (Y), 2H+G	275	710	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1202FB	220/380 V.	2 Fases (Y), 3H+G	275	710	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1203FB	220/380 V.	3 Fases (Y), 4H+G	275	710	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1201FC	277/480 V.	1 Fase (Y), 2H+G	320	840	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1202FC	277/480 V.	2 Fases (Y), 3H+G	320	840	Línea: 120KA Modo: 60KA
SUPR1203FC	277/480 V.	3 Fases (Y), 4H+G	320	840	Línea: 120KA Modo: 60KA

Tabla 3.2 Modos de operación del supresor.

SUPRECTOR. CLASE C

SUPRECTOR ofrece la mejor protección contra eventos transitorios que dañan los equipos. Los transitorios más peligrosos son los originados externamente a la instalación por eso es indispensable tener una barra de protección con SUPRECTOR.

APLICACIONES

SUPRECTOR clase C brinda protección en todos los modos, que garantiza una mayor vida a equipos. SUPRECTOR clase C es para instalarse en la acometida o

tableros que demanden un alto nivel de protección. Es la barrera principal en un esquema de protección en cascada.

DISEÑO

Los supresores SUPRECTOR cuentan con grandes bancos de varistores de 10,000 amperes cada uno. Se utilizan grandes bancos para disminuir el efecto de degradación en los varistores, logrando así un supresor mucho más confiable.

Estos varistores cuentan con fusible térmico individual para brindar la protección contra transientes más segura evitando que el elemento de supresión flamee protegiendo los demás componentes internos.

DESCRIPCIÓN.

- Gabinete de acero NEMA 4
- Peso: 2.5 Kg.
- Cable de conexión Cal # 8 - 6.
- Conexión en Paralelo
- Frecuencia de operación 50/60 Hz
- Temperatura de operación -40°C a 85°

DIMENSIONES:

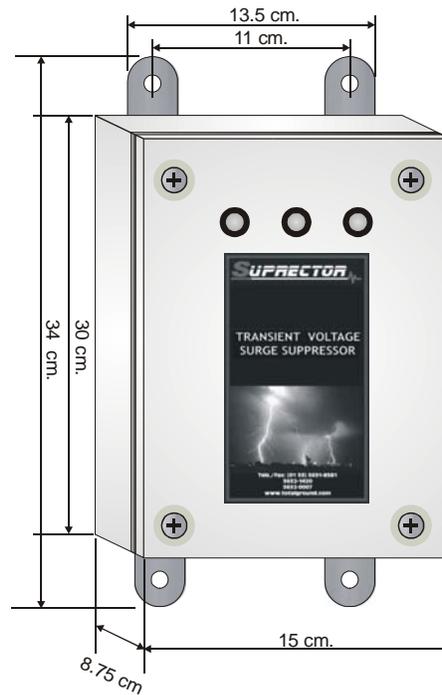


FIGURA 3.12 GABINETE DEL SUPRESOR.

DIAGNÓSTICO DE OPERACIÓN.

3. LED(s) prendido(s) en VERDE = PROTEGIDO, el indicador encendido en verde se encuentran protegidas.
4. LED(s) prendido(s) en ROJO = DESPROTEGIDO, el indicador encendido en rojo indica que se encuentra desprotegida. Revisar el voltaje de línea y el diagrama de instalación. Si todo se encuentra correctamente se debe reemplazar el supresor.

Modelo	Voltaje	Configuración	Voltaje Clamping	Protección
SUPR2001FA	120/208 V, 120/240 V	1 Fase (Y), 2H+G	395	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA

SUPR2002FA	120/208 V, 120/240 V	2 Fases (Y), 3H+G	395	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA
SUPR2003FA	120/208 V, 120/240 V	3 Fases (Y), 4H+G	395	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA
SUPR2001FB	220/380 V.	1 Fase (Y), 2H+G	710	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA
SUPR2002FB	220/380 V.	2 Fases (Y), 3H+G	710	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA
SUPR2003FB	220/380 V.	3 Fases (Y), 4H+G	710	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA
SUPR2001FC	277/480 V.	1 Fase (Y), 2H+G	840	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA

SUPR2002FC	277/480 V.	2 Fases (Y), 3H+G	840	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA
SUPR2003FC	277/480 V.	3 Fases (Y), 4H+G	840	Línea: 200 KA F-N: 80KA F-T: 80KA N-T: 80KA F-F: 40KA

Tabla 3.3 Modos de operación del supresor.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SUPRESOR CLASE B Y C.

Clase	clase 'B'			clase 'C'	
Modelo	SUPR60...	SUPR80...	SUPR120...	SUPR200...	SUPR320...
Voltaje de Operación	120/208V, 120/240V, 220/380V, 277/480.	120/208V, 120/240V, 220/380V, 277/480.	120/208V, 120/240V, 220/380V, 277/480.	120/208V, 120/240V, 220/380V, 277/480.	120/208V, 120/240V, 220/380V, 277/480.
# Fases	1F, 2F, 3F (Y)	1F, 2F, 3F (Y)	1F, 2F, 3F (Y)	1F, 2F, 3F (Y)	1F, 2F, 3F (Y)
Frecuencia	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Protección por línea (8/20us)	60KA	80KA	120KA	200 KA	320KA
Protección por modo (8/20us)	30KA	40KA	60KA	80KA (F-N) 80KA (F-T) 80KA (N-T) 40KA (F-F)	120KA (F-N) 120KA (F-T) 120KA (N-T) 60KA (F-F)
Modos de Protección	Todos los modos de protección L-N, L-G, N-G			Todos los modos de protección L-N, L-G, N-G, F-F.	
Tecnología	* MOV con fusible térmico integrado (UL 1449) * Seguimiento de Onda - Filtro EMI/ RFI			* MOV con fusible térmico integrado (UL 1449)	
LED	Verde - Protegido Rojo - Desprotegido			Verde - Protegido Rojo - Desprotegido	
Dimensiones	6 x 8 x 3 [in] 150 x 200 x 80 [mm]			6 x 11,8 x 3 [in] 150 x 300 x 80 [mm]	
Peso	3,5 lbs / 1,6 kg aprox.			8,8 lbs / 4,0 kg aprox.	
Conexión	Hilos de Cobre Calibre #12-10 AWG - Longitud: 1metro			Hilos de Cobre Calibre #8 - 6 AWG - Longitud: 1metro	
Temperatura de operación	-55°C a 85°C				

Tabla 3.4 Especificaciones técnicas del supresor clase B y clase C.

Protección en Cascada.

Una protección en cascada, es cuando tenemos una instalación de supresores de picos de clase b y de clase c como se muestra a continuación.

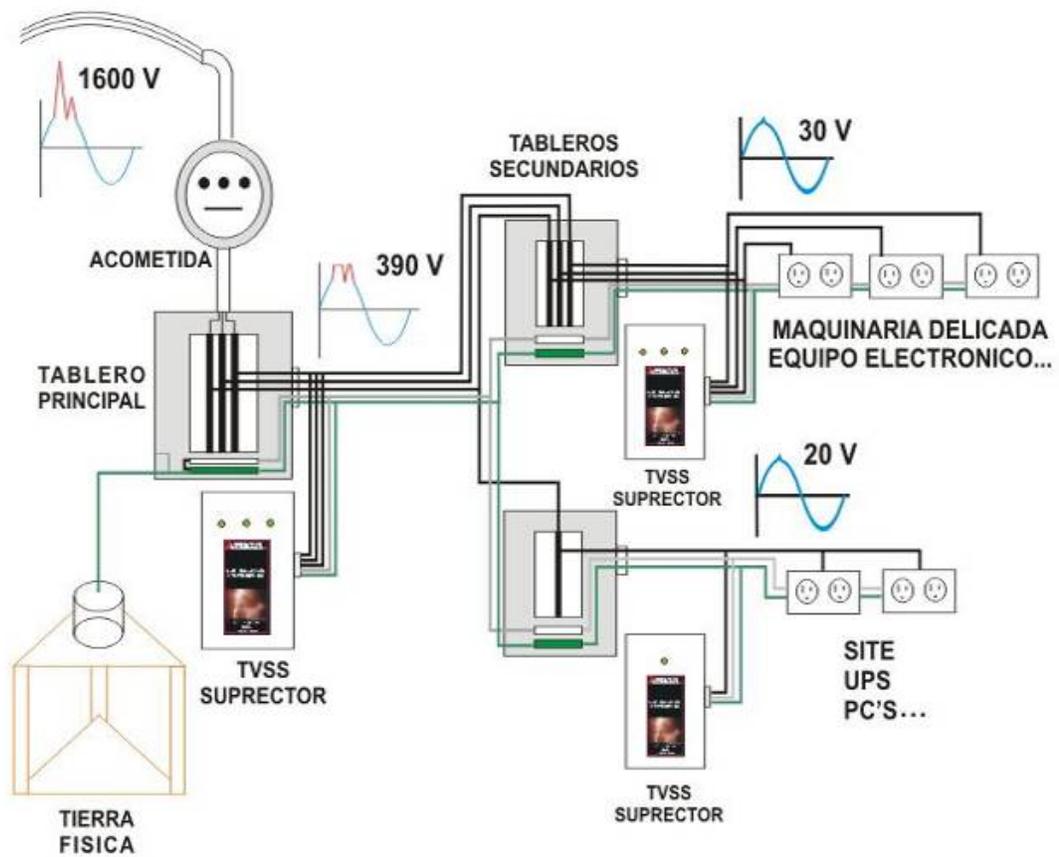


FIGURA 3.13 PROTECCION CASCADA.

SUPRESOR CLASE A:

Es un supresor montable en rack, pensando en protección contra transcientes de los equipos de telecomunicaciones, tales como switch, Hub, router, telefonía ip, etc.



FIGURA 3.14 SUPRESOR CLASE A.

Características Técnicas

- Circuit breaker de 15A (fusible magnético).
- Diez conectores NEMA 5-15R, ocho en la parte trasera y dos en la parte delantera.
- Voltaje de operación de 120V @ 60hz.
- Protección de línea de 480 Joule.
- Filtro EMI/RFI (100Khz a 10 Mhz) -70dB.
- Protección L-N, L-G, N-G.
- Protección transitoria por modo 20KA.
- Protección transitoria de línea 40KA.
- Voltaje de Clamping UL1449 (tabla 60.1) de 400V.
- Seguimiento de onda.
- Indicadores Luminosos del estado de protección L-N y L-G.

- Medidor de voltaje VRMS Línea AC (opcional).
- Peso neto 1.98Kg.
- Cumple con la CSA UL1449.

Beneficios del Supresor clase A.

- Monitor del voltaje Línea a neutro (Opcional).
 - Importante herramienta para observar en tiempo real desde el mismo rack la calidad del suministro de alimentación de los equipos de telecomunicaciones.
 - Esta herramienta previene cuando hay un desperfecto en la calidad de energía del suministro de alimentación, evitando revisar la instalación del suministro cuando se haya dañado algún equipo instalado.
- Indicadores del estado de protección.
 - Indican en tiempo real el estado de la protección contra transientes, avisando inmediatamente cuando acabo la vida útil de la protección, además de indicar el momento que los equipos se encuentran vulnerables.
- El fusible magnético de 15A.
 - Protege a los equipos de valores indeseables de corriente mayor a 15A, protegiendo la integridad de los equipos de telecomunicaciones.
- Seguimiento de onda.
 - El seguimiento de onda sirve para eliminar el ruido de alta frecuencia y para atenuar el transiente residual de los componentes de supresión.
- Protección contra transientes.
 - Evita daños a la integridad de los equipos de telecomunicaciones por transientes en la línea de alimentación.

3.6.- DIAGRAMAS DE CONEXIÓN.

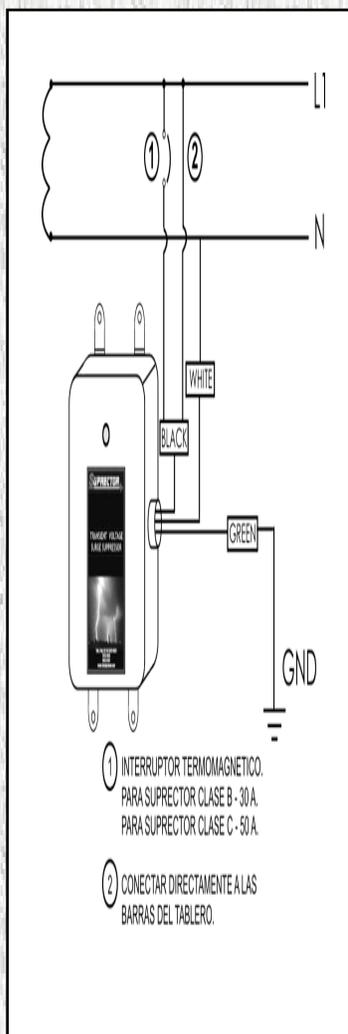


DIAGRAMA DE CONEXIÓN (1 FASE)

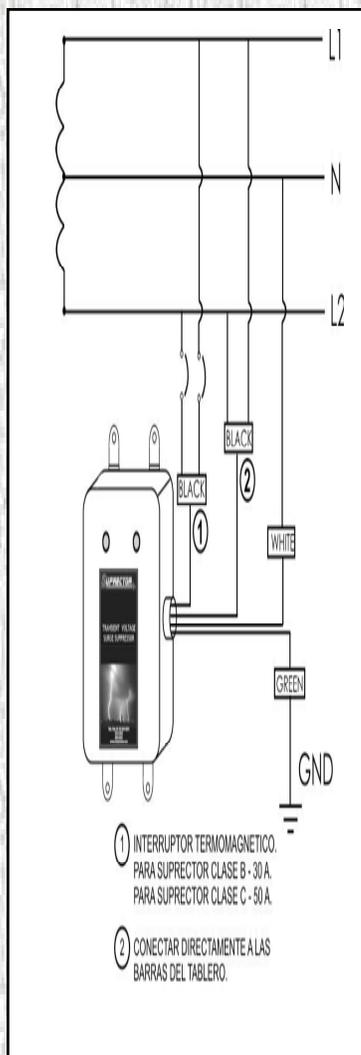


DIAGRAMA DE CONEXIÓN (2 FASES)

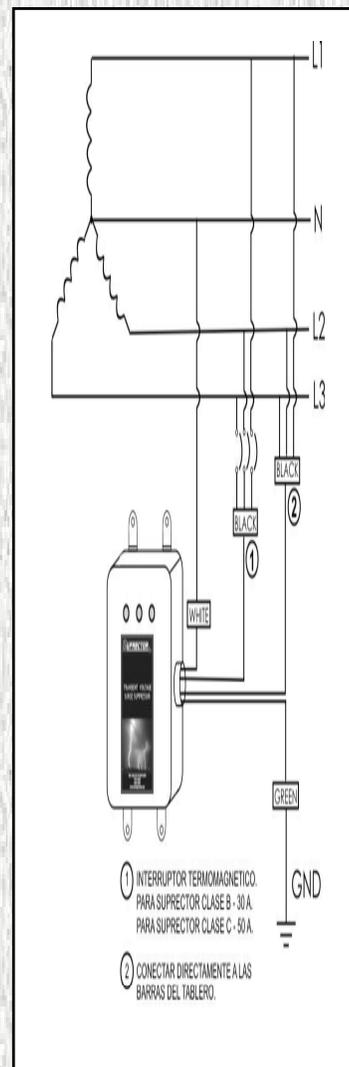


DIAGRAMA DE CONEXIÓN (3 FASES)

FIGURA 3.15 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SUPRESOR.

CAPITULO 4: APLICACIONES.

4.1.- EJEMPLO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TIERRA.

Para este ejemplo tomare como base la protección que se hizo en la planta de Jugos del Valle de Tepotzotlan, Estado de México, para este caso se instalaron sistemas de tierra marca Tierra Total, las cuales cumplen con las normas eléctricas anteriormente señaladas.

Los problemas que se presentaba en la planta, era principalmente variaciones de voltaje en los tableros de las líneas de producción y mucho ruido, esto debido a los motores de las maquinas, las cuelas eran principalmente envolvedores, llenadoras, paletizadoras y transportadoras.

Primeramente se hizo el levantamiento eléctrico de los tableros de la planta, los tableros eran de 277/480 V, 3F, 4H mas T, con un valor de potencia en KVA variable dependiendo de las maquinas.

Se elaboraron una serie de mediciones en los sistemas de tierra por medio del equipo Megger y estos fueron los resultados tomados:

MEDICION.	TABLERO.	CAPACIDAD EN KVA
20 OHMS	TRANSPORTADORA PRINCIPAL DE BOTE.	700 KVA
NA	TRANSPORTADORAS VIDRIO.	500 KVA
15 OHMS	PALETIZADORA PRINCIPAL.	300 KVA
35 OHMS	LLENADORAS CARTON.	600 KVA
9 OHMS	ENVOLVEDORA 3.	150 KVA

Tabla 4.1 Mediciones a equipos.

Como se puede observar en la tabla de mediciones, estas lecturas comparadas con las recomendadas en las normas eléctricas, son bastante elevadas, principalmente en el tablero de la transportadora de vidrio, ya que en este caso ni siquiera tenía hilo de tierra instalado, cada uno de los tableros manejaba de 2 hasta 5 equipos, por lo tanto el valor que aparece en la tabla de capacidad del equipo, es el valor final de la suma de los equipos a proteger.

La solución que se les ofreció, fue la de instalar nuevos sistemas de tierra, ya que las varillas que tenían estaban muy carcomidas por el subsuelo y posteriormente hacer la interconexión de todo el sistema de tierras de la planta, ya que tampoco estaban interconectadas unas con las otras.

Primeramente no accedieron a la interconexión ya que se tenía que romper gran parte del piso epóxico, se levantaría polvo en exceso, el costo se incrementaría hasta en un 40% y en las industrias alimenticias esta prohibido levantar polvo por la salud del consumidor, por lo que solo aceptaron hacer la instalación de los nuevos sistemas de tierra con su hilo independiente a los demás, lo cual no es recomendable pero en este caso el cliente así lo quiso.

La instalación se elaboro de la siguiente manera:

1. Reconocimiento del sistema

- 1.1 Revisión del sistema
- 1.2 Almacenamiento

2. Ubicación del electrodo

3. Preparación del suelo

- 3.1 Introducción
- 3.2 Construcción del foso
- 3.3 Material de relleno

4. Instalación del Electrodo en el foso

- 4.1 Vaciado del material de relleno
- 4.2 Notas de Instalación

5. Terminado del foso

6. Instalación del acoplador de admitancias

- 6.1 Descripción del acoplador
- 6.2 Conexiones en el acoplador y el registro

7. Instalación del cableado

7.1 Introducción

7.2 Cableado

7.3 Conectores

7.4 Ductería

8. Antiox

9. Diagramas de conexión.

9.1 Tierra de potencia

10. Medición

1. Reconocimiento del sistema

1.1 Revisión del sistema

Al ser recibido el sistema, se debe verificar que el empaque ni el sistema presenten daño alguno. En caso de que el producto se encuentre dañado, se deberá regresar éste al distribuidor autorizado para su reemplazo presentando la factura del producto.

1.2 Almacenamiento

En caso de que no se vaya a instalar el sistema inmediatamente al momento de la recepción del mismo, este deberá ser almacenado en un área cubierta libre de polvo y agua. Se recomienda que el sistema se almacene en un nivel superior al del piso del área.

Debido a que materiales como aceites, ácidos, etc. pueden dañar o deteriorar el equipo, NO deberán existir estas sustancias cerca del equipo así como material inflamable o explosivo que puedan dañar total o parcialmente el sistema.

2. Ubicación del electrodo.

El electrodo de puesta a tierra debe estar accesible para mediciones periódicas programadas y lo más cercano posible al lugar donde se encuentre el equipo a proteger, de preferencia en la misma zona.

3. Preparación del Suelo

3.1 Introducción

El objetivo del sistema, es la eficiente disipación de corrientes en el subsuelo por lo que la preparación del suelo es un procedimiento básico e indispensable, por lo que se recomienda seguir este procedimiento a detalle.

3.2 Construcción del foso

Se debe construir un foso según el modelo que se va a instalar. Estas dimensiones se pueden ver en la tabla 4.2.

Electrodo Tierra Total.	Dimensiones del pozo [cm.]
Tg-45	90 x 40 x 40
Tg-70	110 x 40 x 40
Tg-100	110 x 50 x 50
Tg-400	110 x 60 x 60
Tg-700	110 x 90 x 90
Tg-1000	230 x 150 x 150
Tg-1500	250 x 150 x 150
Tg-2500	300 x 150 x 150

Tabla 4.2 Medidas del foso según electrodo.

3.3 Material de relleno

Del material que se excavó, se deben de retirar todo aquel material que tenga un tamaño mayor a 2 cm. (piedras, basura, etc.) utilizando una criba o manualmente para utilizarse en la instalación del electrodo, también se puede utilizar tierra negra u orgánica en el relleno del foso.

Con el fin de lograr la mejor puesta a tierra con una resistencia baja y

permanente, en la instalación para este sistema de tierra se utiliza el acondicionador de terreno H2OHM.

La cantidad de H2OHM a utilizar según el modelo de electrodo es la siguiente:

Electrodo TOTAL GROUND	Cantidad de H2OHM necesaria:
Tg-45	1 saco de 11 kg.
Tg-70	1 saco de 11 kg.
Tg-100	1 saco de 11 Kg.
Tg-400	1 saco de 11 Kg.
Tg-700	4 sacos de 11 Kg.
Tg-1000	8 sacos de 11 Kg.
Tg-1500	10 sacos de 11 Kg.
Tg-2500	14 sacos de 11 Kg.

Tabla 4.3 Sacos de compuesto según electrodo.

4. Instalación del Electrodo en el foso

4.1 Vaciado del material de relleno

- Vacíe una capa de aproximadamente 5 o 10 cm. de H2OHM y apisonélo bien.
- Coloque el electrodo dentro del pozo nivelándolo y dándole orientación hacia el norte a una de sus aristas.
- Continúe poniendo capas de H2OHM y apisonando hasta que utilice todo el H2OHM adecuado para el electrodo que está instalando.
- Continúe con el mismo procedimiento que con el H2OHM, pero ahora con la tierra que retiró del pozo hasta llegar a un nivel de 10 cm. por debajo de la superficie de la bobina LCR del electrodo.

Es necesario agregar agua para obtener los beneficios de H2OHM ya que este retiene el agua manteniendo húmeda la zona. Una vez hecha la instalación se deben agregar 20 litros de agua (aproximadamente 1 cubeta) para obtener la mas baja resistencia.

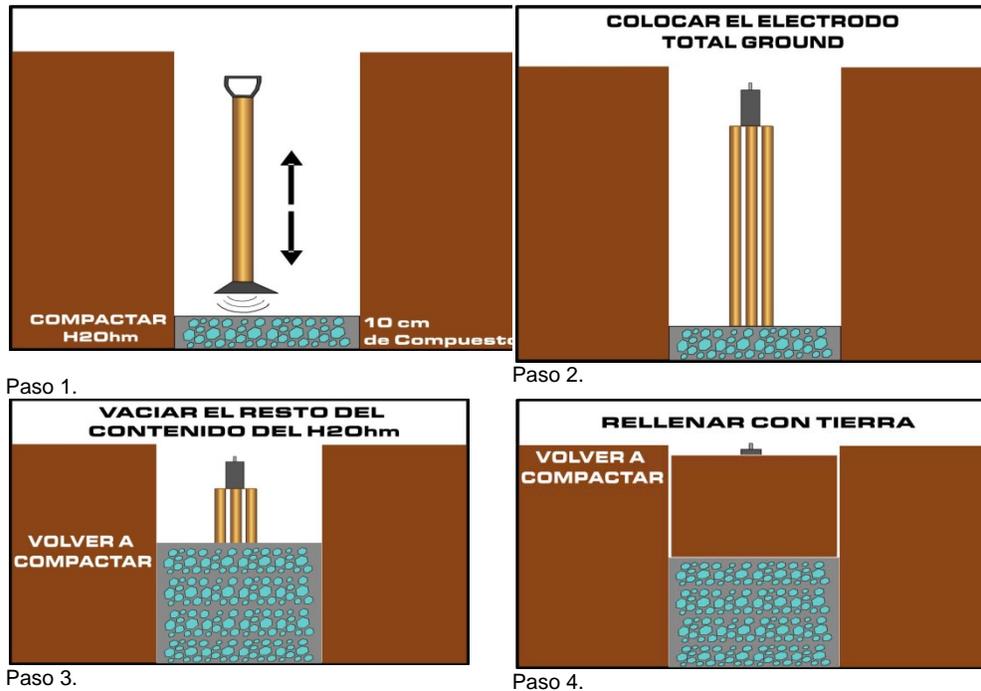


FIGURA 4.1 PASO A SEGUIR PARA LA INSTALACION DEL ELECTRODO DE TIERRA.

4.2 Notas de Instalación

El relleno del foso, se debe de realizar con cuidado de no dañar el electrodo. Para compactar el material de relleno, se recomienda utilizar un pisón con superficie de impacto preferentemente de hule o madera, en caso de utilizar un pisón metálico debemos de tener cuidado ya que este pudiera dañar el electrodo si es golpeado.

5. Terminado del foso

5.1 Introducción

Para la terminación del foso se utiliza un registro, el cual proporciona fácil acceso a la conexión del conductor con la parte superior del electrodo, facilitando así, las mediciones de calidad de energía y de resistencia del terreno en un futuro.

Al terminar el vaciado del foso, independientemente del tipo de registro que se utilice, se debe poner una capa de cemento de 8 cm. aproximadamente rodeando la bobina hasta el registro para darle solidez a la instalación del electrodo.



FIGURA 4.2 CONEXIÓN DE ELECTRODO DE TIERRA AL CABLE.

6. Instalación del acoplador.

6.1 Descripción del Acoplador

El Acoplador, es complemento del electrodo y es la interfaz entre los equipos a proteger y el electrodo. En la figura 2, se puede ver el acoplador dentro de su chasis así como los bornes de conexión.



FIGURA 4.3 ACOPLADOR DE IMPEDANCIAS.

En el cual, las terminales están identificadas como sigue:

- A: Borne de conexión de la carga o punta pararrayos.
- D: Borne de conexión del electrodo o barra de unión.

B,C: Borne de conexión de masas laterales.

En la NEC 250-50 se especifica lo siguiente:

Sistema del electrodo de puesta a tierra. Si están disponibles en los predios en cada edificación o estructura alimentada, cada elemento de (a) a (d) y cualquier electrodo fabricado de acuerdo con las secciones 250-52(c) y (d), se deben conectar equipotencialmente entre sí para formar el sistema del electrodo de puesta a tierra.

- (a) Tubería metálica subterránea para agua.
- (b) Armazón metálico de una edificación o estructura.
- (c) Electrodo revestido en concreto
- (d) Anillo de puesta a tierra.”

6.2 Conexiones en el Acoplador y el Registro.

En el momento de la conexión, es importante que se respete el orden de las conexiones en el acoplador, es decir, que el borne de la carga vaya realmente a la carga y que el borne del electrodo al electrodo, etc.

Es importante también, que los cables de conexión con el acoplador salgan cada uno de manera perpendicular y no crucen por encima del acoplador, un esquema de esto se puede ver en la figura 4.4.

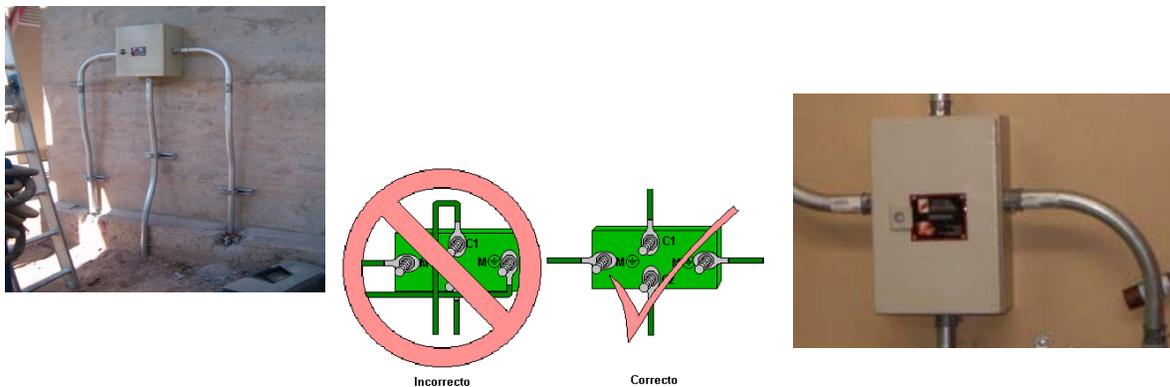
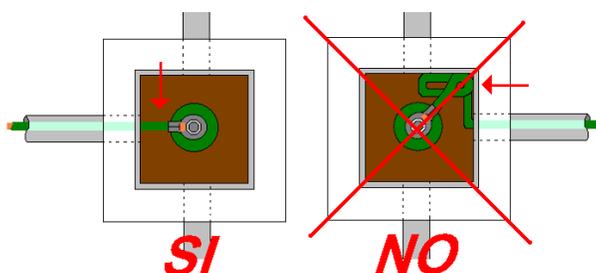


FIGURA 4.4: CONEXIÓN CORRECTA E INCORRECTA DENTRO DEL ACOPLADOR DE INMPEDANCIAS.

Así como en el acoplador, las conexiones en el registro son muy importantes. Es importante que la conexión en el registro sea directa al borne del electrodo, no se permite que el cable tenga curvas dentro del registro.

La figura 4.5 ilustra esto de una mejor manera.



SI

FIGURA 4.5: CONEXIÓN DENTRO DEL REGISTRO.

7. Instalación del Cableado

7.1 Introducción

Debido a que por medio de los cables de conexión se obtiene la interfaz de la carga con la tierra, es de suma importancia que se tomen en cuenta aspectos como son, el aislamiento de los conductores, el color de estos (negro o verde), el calibre del conductor, así como las limitaciones en las longitudes máximas de conductor a utilizar.

7.2 Cableado.

Cuando el sistema que se va a instalar es otro distinto a un pararrayos, la distancia entre el electrodo y el acoplador puede tener una longitud máxima vertical de 85m. La distancia máxima de conductor entre acopladores o la carga, es de 85m.

Cuando el sistema que se va a instalar es un pararrayos, la distancia máxima entre el electrodo y el acoplador es de 10m y la distancia del acoplador a la punta del pararrayos es de 235m.

Todos los conductores empleados en la interconexión del sistema de tierras, deben de ser AISLADOS. Los calibres de los conductores recomendados para sistemas de tierras se pueden ver en la tabla 1. (Calibres mayores a los mínimos manejados en la NEC 250-122).

Equipo a utilizar	Calibre de cable recomendado
TG-45K	cal. 4
TG-70K	cal. 4
TG-100K	cal. 2
TG-400	cal. 1/0
TG-700	Cal. 1/0
TG-1000	cal 2/0 - 3/0
TG-1500	cal. 4/0 - 250 MCM
TG-2500	cal 350 - 500 MCM

Tabla 4.4 Calibre de cable según electrodo de tierra a utilizar.

Es importante notar que en los circuitos de pararrayos el ángulo de cambio de dirección del cableado, no debe ser menor a 45°, las vueltas deben tener un radio de curvatura amplio, deben ser las menos posibles y la trayectoria debe de ser lo más recta posible.

7.3 Conectores para cable



FIGURA 4.6: CONEXIONES O TERMINALES AL ELECTRODO.

Para realizar la interconexión de los elementos de los sistemas, se emplearán conectores de ojillo ponchables de opresor o mecánicos, En la figura 5.1, se puede ver las áreas a proteger de un conductor.



FIGURA 4.7 AREA DE COBRE A PROTEGER EN EL ELECTRODO.

7.4 Ductería.

Al realizar el cableado, se debe de utilizar ductería conduit metálica o pvc que proporcione protección a los conductores. Es importante el tener cuidado que el diámetro y tipo de la canalización conduit seleccionado sea el adecuado según normas eléctricas para el número de conductores empleados en la instalación y en los lugares donde se va a instalar tales como: suelo, muro, intemperie, etc. Así como también debemos terminar las canalizaciones con conexiones adecuadas de tal manera que el cable no sea dañado al momento de la instalación ni en futuros movimientos.

En el caso de estar realizando un circuito de un pararrayos, la tubería deberá ser también canalización conduit. Se aceptan cambios de dirección con curva conduit o tubería liquid-tight sin sobrepasar el ángulo indicado anteriormente.

8 ANTIOX

El ANTIOX es un spray que se utiliza al momento de terminar de hacer una instalación eléctrica. Se aplica en todos los conectores y terminales eléctricas para protegerlos de factores externos que puedan reducir su conductividad y tener consecuencias negativas en la instalación eléctrica.



FIGURA 4.8 ANIOXIDANTE PARA EL COBRE.

9 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

9.1 Tierra de potencia.

La tierra de potencia le llamamos la tierra para el Transformador o aplicaciones eléctricas.

El diagrama de conexión se puede ver en la siguiente figura.

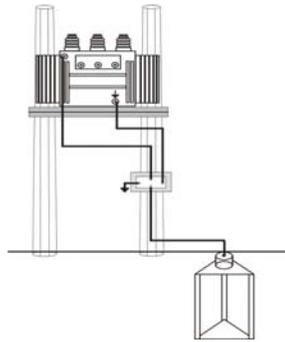


FIGURA 4.9 CONEXIÓN COMPLETA.

10 Medición.

Debido a que el sistema de tierras debe de proveer una resistencia a la carga menor o igual a 2Ω , es importante medir esta resistencia comprobando así su correcto funcionamiento. Los métodos por los cuales se mide la resistencia son: Método de Wenner y método de caída de potencial.

Para efectuar las mediciones de resistividad del terreno utilizando estos métodos, es necesario contar con los siguientes materiales:

- Un terrómetro o Megger de tierras de cuatro terminales
- Cuatro picas metálicas de aproximadamente 30cm. de largas

- Cuatro cables aislados para conectar las picas al terrometro.

Método de Caída de Potencial

Este método se utiliza cuando el sistema ya se encuentra instalado. El sistema consiste en conectar el terrometro como se ve en la figura 6. Al realizar la medición con el terrometro, se obtendrá el valor de la resistencia del sistema respecto al terreno.

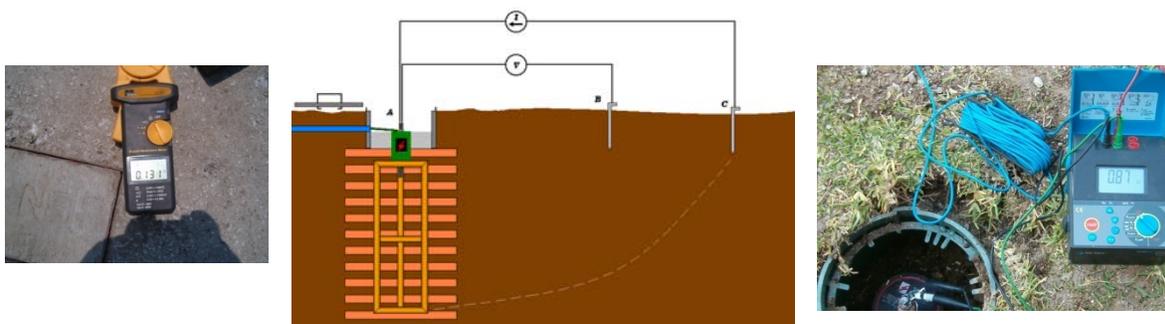


FIGURA 4.10 ESQUEMA DE MONTAJE DEL SISTEMA DE CAIDA DE POTENCIAL.

Para poder seleccionar el electrodo de tierra que se instalo, se necesito tomar en cuenta la siguiente tabla, ya que de acuerdo a esta información se selecciona el electrodo que cubra las capacidades de los equipos a proteger.

CAPACIDAD DEL EQUIPO.		EQUIPO A UTILIZAR.	CALIBRE DE CABLE RECOMENDADO.
DE	A		
0	25 KVA	TG-45	cal. 4
30 KVA	75 KVA	TG-70	cal 4
100 KVA	250 KVA	TG-100	cal 2
275 KVA	400KVA	TG-400	cal 1/0
500 KVA	750 KVA	TG-700	cal 1/0
800 KVA	1000 KVA	TG-1000	Cal 2/0 – cal 3/0
1 MVA	2 MVA	TG-1500	cal 4/0 - 250 MCM
2 MVA	4 MVA	TG-2500	cal 350 - 500 MCM

Tabla 4.5 Selección del electrodo y equipos complementarios.

Para el caso de la transportadora principal con capacidad máxima de 700 KVA, se instalo el modelo TG-700, que aguanta una capacidad en KVA desde los 500 KVA hasta los 750 KVA y se elaboro la conexión con un cable de calibre 1/0 como lo recomienda la tabla, lo cal con esta instalación quedo instalado el sistema de tierras para este tablero.

Para la transportadora de vidrio se hizo exactamente la misma instalación, ya que su capacidad máxima era de 500 KVA con un crecimiento en el futuro de 600 KVA máximos, así que con esto igualmente quedo instalado el sistema de tierras para dicho tablero.

Para el tablero de la paletizadora principal con capacidad máxima de 300 KVA, se instalo el modelo TG-400, con calibre de cable de 1/0, como lo marca la tabla, con esta instalación quedo resuelto el problema que se tenia en el sistema de tierra.

Para la llenadora de cartón con una capacidad máxima de 600 KVA, igualmente se instalo el modelo TG-700, que cumple las características antes señaladas y con esto tenemos la protección del sistema de tierras para dicho tablero.

Finalmente para el tablero de la envolvedora 3 que la menos problemática con una capacidad máxima de 150 KVA, se instalo un electrodo modelo TG-400, con calibre de cable de 1/0 e igualmente quedo hecha la protección al tablero en lo que se refiere al sistema de tierras.

Al final de dicha instalación se efectuaron las mediciones correspondientes a los sistemas instalados, y estos fueron los resultados obtenidos:

MEDICION.	TABLERO.	CAPACIDAD EN KVA
1 OHMS	TRANSPORTADORA PRINCIPAL DE BOTE.	700 KVA
1.5 OHMS	TRANSPORTADORAS VIDRIO.	500 KVA
0.7 OHMS	PALETIZADORA PRINCIPAL.	300 KVA
1.9 OHMS	LLENADORAS CARTON.	600 KVA
0.5 OHMS	ENVOLVEDORA 3.	150 KVA

Tabla 4.6 Mediciones finales.

Si se hace un comparativo de la tabla y de la tabla, nos damos cuenta de que los valores que se tomaron antes de la instalación y después de la misma son sumamente distintos y al final nos dan un valor bastante bajo a comparación del valor que se tenía al principio y de los cuales estos mismos valores son muy por debajo de lo que señalan las normas eléctricas.

4.2.- EJEMPLO DE INSTALACION DEL SUPRESOR DE TRANSITORIOS.

Ya teniendo resuelto el problema del ruido y de la variación del voltaje era necesario solucionar el problema de los picos que se presentaban en los tableros ya que eran tantos que tenían que cambiar constantemente los equipos delicados como son los plc, los variadores, los módulos de información, entre algunos otros, por lo cual se ofreció instalar supresores de transitorios para eliminar este problema.

Primeramente, se debe de tomar en cuenta; el voltaje de operación del tablero a proteger, el numero de hilos y el numero de fases, en este caso como ya lo habíamos comentado antes, el voltaje de cada uno de los tableros, corresponde a 277/480 V, 4 hilos mas tierra, por lo tanto el modelo seria el mismo para cada uno de los casos.

Tomando en cuenta las tablas antes señaladas, nos damos cuenta que el supresor que cumple con las características necesarias para proteger a los tableros es el modelo SUPR2003FC, que cumple con los voltajes señalados en el tablero de 277/480 V, 4 hilos mas tierra y el cual nos da una protección completa de L-L, L-N, N-T y T-L y que nos da una protección de hasta 200 KA por fase.

La instalación se hizo de la siguiente manera:

PRECAUCIÓN.

El realizar una mala instalación o no tomar en cuenta todos los puntos que a continuación se presentan, puede causar serios daños al instalador o al equipo. Se pide de favor leer y entender perfectamente bien cada una de las instrucciones antes de empezar la instalación debido a que se manejan altos voltajes

ANTES DE LA INSTALACIÓN.

1. Verificar que el sistema donde se vaya a instalar tenga una configuración en estrella (Y) para clase B, y para clase C : delta (Δ) o estrella(Y). La frecuencia a la que debe operar el sistema es de 50 – 60 Hz. Revisar que el voltaje entre línea y neutro sea menor que el MCOV de SUPRECTOR.
2. Se debe contar con un sistema de tierra física para poder garantizar el funcionamiento de SUPRECTOR.
3. Asegurarse que se encuentre bien conectado el puente que debe de existir por norma entre neutro y tierra en el tablero principal.
4. Observar cuidadosamente los diagramas de conexión mostrados posteriormente.
5. Desconectar las líneas de alimentación (Interruptor principal o interruptor termomagnético del supresor).

GUIA DE INSTALACIÓN.

1. SUPRECTOR puede ser instalado en cualquier posición, recomendamos que SUPRECTOR se instale lo más cercano al lugar que se quiere proteger. Distancias muy largas y uniones de cables mal realizadas pueden ocasionar que el supresor no trabaje correctamente.
2. Ubicar el gabinete de SUPRECTOR sobre la pared donde se va a instalar y marcar el lugar de perforación de cada ojillo.
3. Conectar la ductería necesaria, taladrar los lugares marcados previamente y fijar SUPRECTOR.
4. La distancia de cable de conexión del supresor es de 1 metro. Si se necesita hacer más grande el conductor, se debe utilizar cable de cobre del mismo calibre y características. (La distancia del cable entre el supresor y el lugar de conexión no debe exceder de 7.6 metros).
5. Conectar SUPRECTOR en el tablero que se quiere proteger:
 - a. Medir correctamente la distancia en la cual se debe cortar y pelar el cable, para asegurar que exista una buena conexión.
 - b. Conectar el cable verde (Tierra) a la barra de tierras en el tablero.
 - c. Conectar el cable blanco (Neutro) a la barra de neutros en el tablero.
 - d. Conectar cada una de los cables negros a fases diferentes. No unir dos cables negros en una misma fase.
6. Verificar que cada una de las instrucciones mencionadas anteriormente estén correctas.
7. Cerrar el tablero donde se conecto SUPRECTOR y conectar la energía eléctrica al sistema. Los LEDs del supresor deben encender.

DIAGNÓSTICO DE OPERACIÓN.

- 1.- LED(s) prendido(s) en VERDE = PROTEGIDO, el indicador encendido en verde se encuentran protegidas.
- 2.- LED(s) prendido(s) en ROJO = DESPROTEGIDO, el indicador encendido en rojo indica que se encuentra desprotegida. Revisar el voltaje de línea y el diagrama de instalación. Si todo se encuentra correctamente se debe remplazar el supresor.

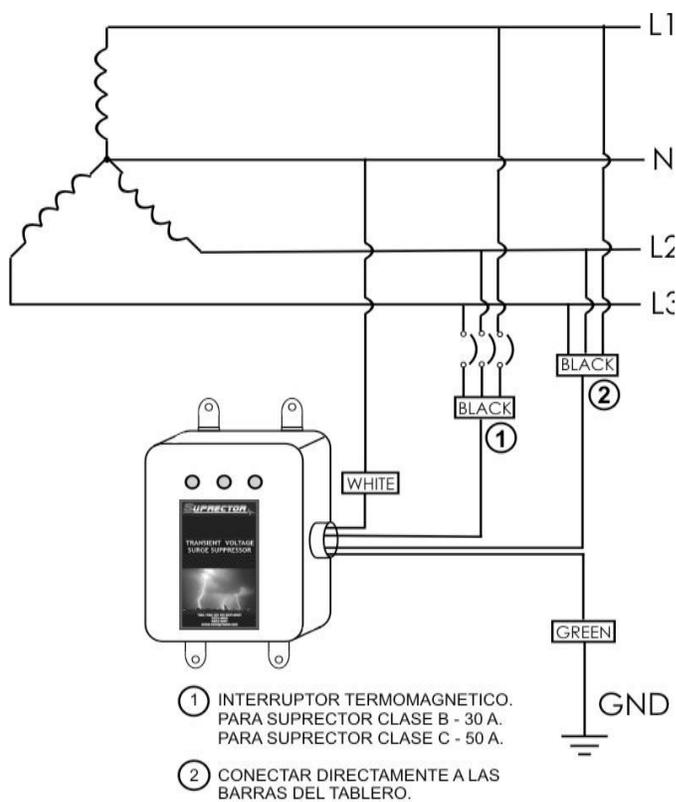


Figura 4.11 Modo de instalación del supresor.

Los resultados que se tuvieron al instalar estos supresores, fue que dejó de haber daños en los equipos delicados como los plc, variadores, módulos de información, entre otros y dejó de haber sobrevoltajes en los tableros al apagar los motores de la planta.

4.3.- EJEMPLO DE INSTALACION DEL SISTEMA DE PROTECCION ATMOSFERICA.

Finalmente querían implementar la instalación del sistema de pararrayos, ya que en esta planta no se tenía la protección atmosférica, primeramente se solicitaron los planos de la planta para sacar las medidas correspondientes y en base a esto diseñar el sistema de protección atmosférica, el plano que nos fue proporcionado, fue el siguiente:

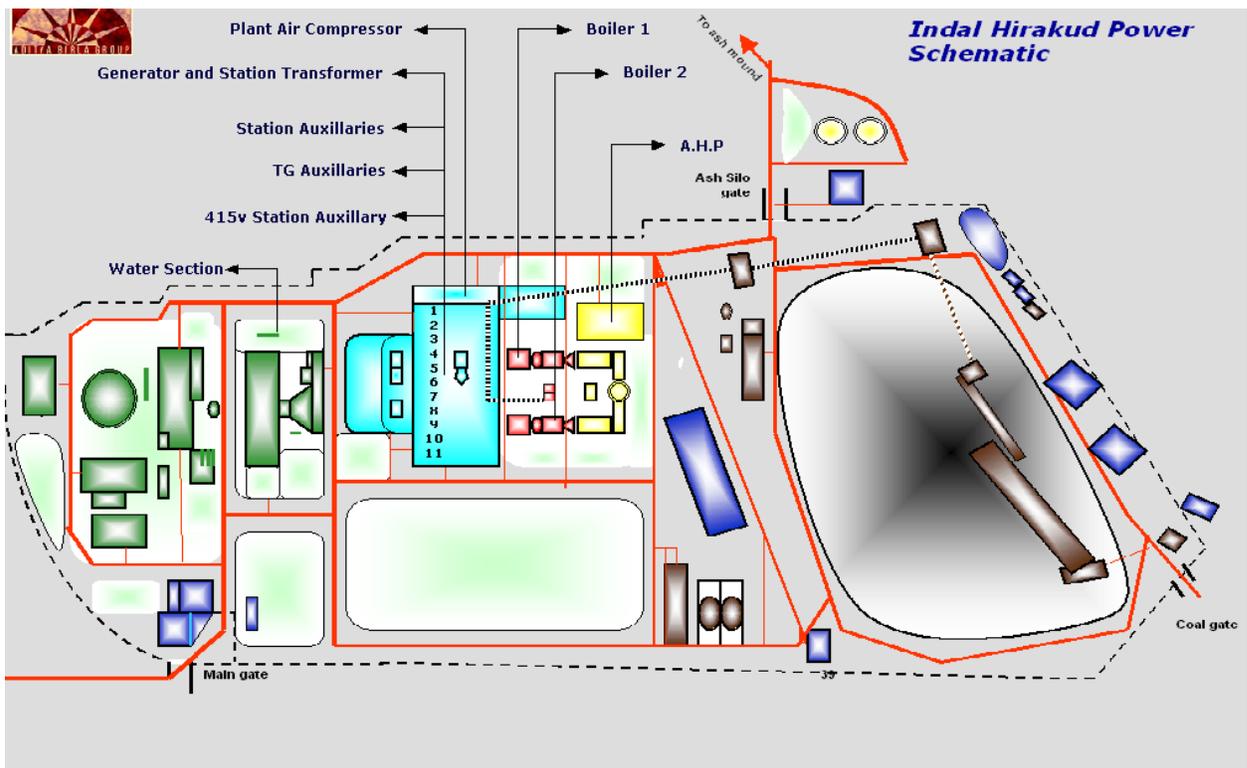


FIGURA 4.12 PLANO DE INSTALACION A PROTEGER.

Para la instalación de un pararrayos hace falta seleccionar correctamente todo el material que compone la instalación.

El siguiente esquema es una guía de los puntos a tener en cuenta para adquirir el pararrayos y de todos los accesorios para su instalación.

1) CABEZAL O PUNTA: Este es elemento que atrae al rayo, permitiendo dirigir la corriente de descarga del rayo hacia la puesta a tierra.

2) BASE O PIEZA DE ADAPTACION: La pieza de adaptación permite la unión entre el cabezal o punta con el mástil.

3) MASTIL: Elemento que permite instalar al cabezal o punta en la posición (altura) adecuada.

4) PROTECTOR DEL MASTIL DE ANTENA: Elemento que permite la puesta a tierra instantánea del mástil de antena en el momento de la caída del rayo. Permanece aislado en condiciones normales.

5) ANCLAJE DEL MASTIL: Debe realizarse al menos en dos puntos; o si se instala en forma de torre, debe poseer 3 vientos desfasados 120° entre si, y cada viento debe poseer al menos dos aisladores.

6) CONDUCTOR BAJANTE: Conductor de cobre de al menos 50 mm², destinado a encaminar la corriente del rayo desde el cabezal o punta hasta la toma a tierra.

7) SOPORTES AISLADOS PARA EL CONDUCTOR BAJANTE: Fija el conductor de bajada en toda su trayectoria para evitar movimientos del mismo. Normalmente contiene un aislador de porcelana con un orificio pasante.

8) CONTADOR DE DESCARGAS: Indica los impactos recibidos por la instalación de protección.

9) JUNTA DE CONTROL: Permite desconectar la toma de tierra con el fin de efectuar la medición de la resistencia de la misma.

10) TUBO DE PROTECCION: Caño o media caña de hierro o chapa galvanizada para protección mecánica del conductor bajante.

11) TOMA DE TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD: Existen varias configuraciones para la realización de una toma de tierra, dependiendo de la construcción y de los materiales empleados; aunque la más común es la denominada "**pata de ganso**".
Equipotencialidad: Se recomienda unir la toma de tierra del pararrayos al sistema de tierras existentes, así como todas las masas metálicas próximas, con el fin de asegurarnos una buena equipotencialidad, y que no se produzcan saltos de chispas al paso del rayo.

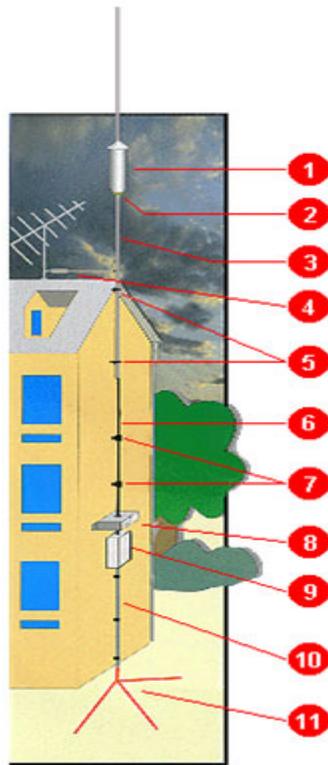


FIGURA 4.13 PARTES DEL SISTEMA DE PARARRAYOS.

GUIA DE INSTALACION

1) Cabezal o punta: La punta debe estar situada 2 mts. Por encima de la parte más elevada de la zona a proteger.

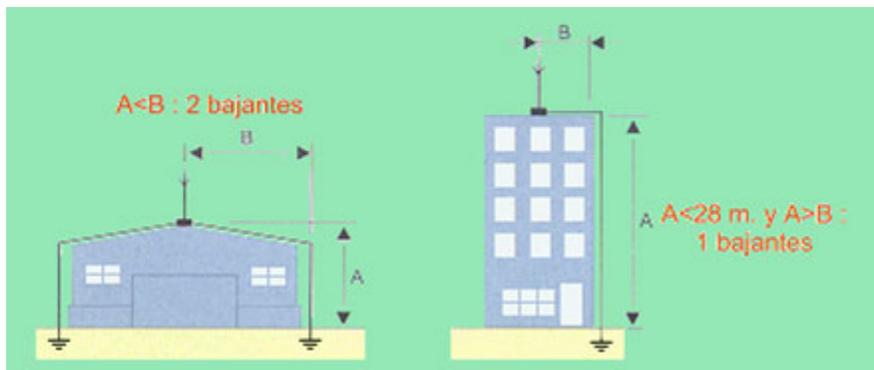
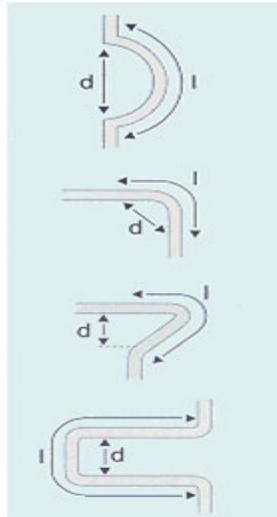
2) Base o pieza de adaptación: debe asegurar el contacto eléctrico entre la punta captadora y la bajante de cable. Se situará sobre mástil, poste de iluminación, pilares, etc...

3-4-5) Mástil - Anclaje Mástil: El mástil además de dar la altura necesaria al pararrayos para cubrir el radio de acción debe estar correctamente colocado o empotrado mediante 2 ó 3 anclajes, según sea su longitud.

6) Conductor bajante: Debe asegurar la conducción de la corriente de rayo desde el dispositivo captador hasta la toma de tierra. Los conductores podrán ser pletina, trenza plana, cable trenzado o redondo, y la sección mínima ha de ser de 50 mm².

Cada pararrayos tendrá al menos una bajante, excepto en los siguientes casos que serán necesarias dos:

- 1.- Estructuras de altura superiora 28 m.
- 2.- La proyección horizontal es superior a la proyección vertical



FIGURAS 4.14 CURVAS Y DOBLECES DE LA TUBERIA.

El trazado desde ser lo más rectilíneo posible utilizando el camino más corto posible, evitando acodamientos bruscos o remontes. Los radios de cobertura no serán inferiores a 20 cm.

El recorrido de la bajante debe ser elegido de forma que evite el cruce o proximidad de líneas eléctricas o de señal.

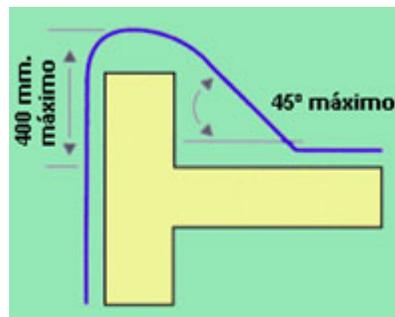
No hay peligro de ruptura del dieléctrico si se respeta la condición

$$d > \frac{l}{20}$$

Donde:

l = longitud del bucle en metros.

d = ancho del bucle en metros.



Cuando no sea posible evitar el cruce, la línea debe ubicarse en el interior de un blindaje metálico que se prolongue 1 m. a cada parte del cruce.

Se debe evitar el contorno de cornisas o elevaciones.

Se admite una subida de un máximo de 40 cm para franquear una elevación con una pendiente menor o igual a 45°.

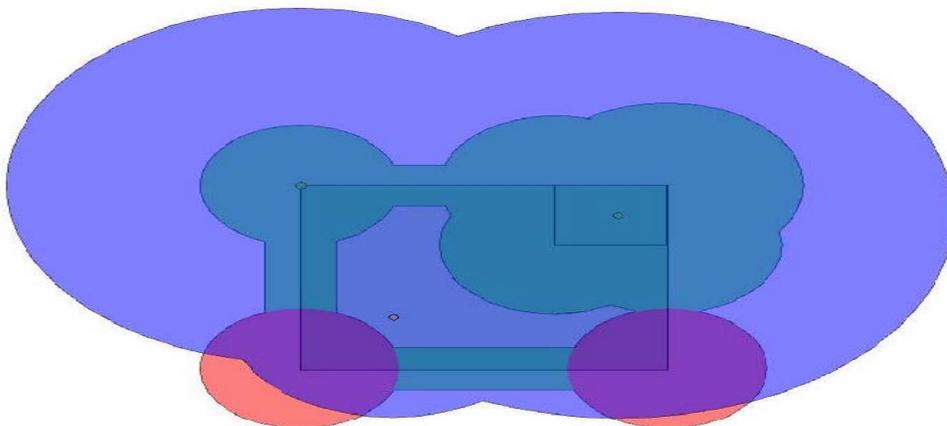
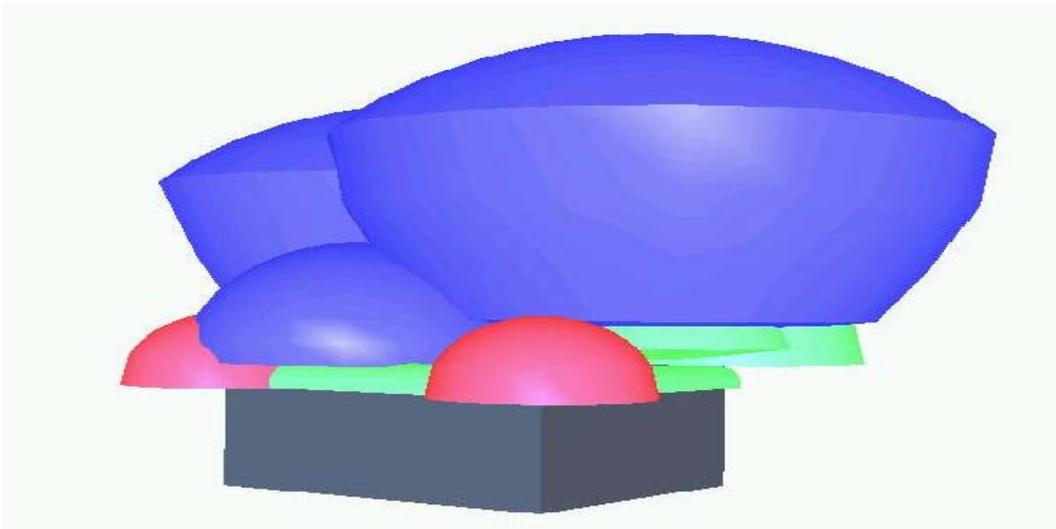
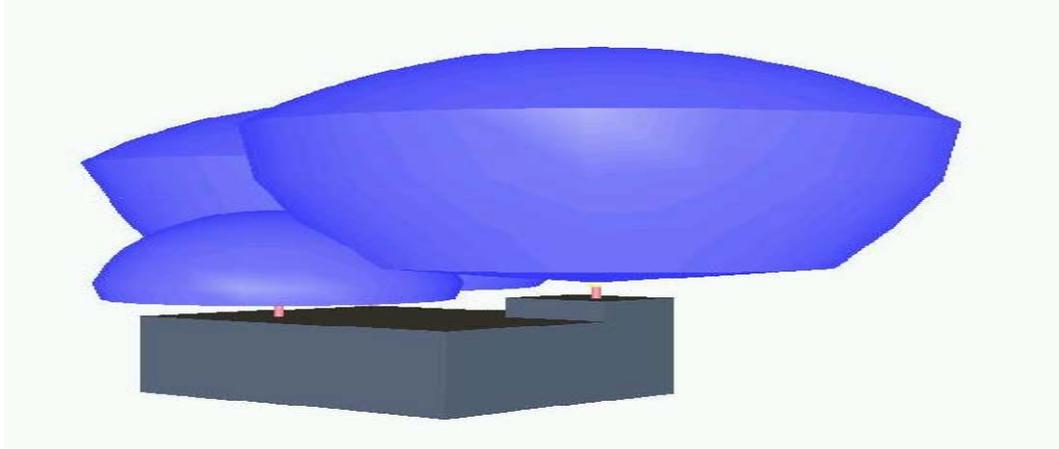
7) Soportes cable: Sea cual sea el soporte, las fijaciones de los conductores de bajada se realizarán tomando como referencia 3 fijaciones por metro. No deberán estar en contacto directo con material inflamable.

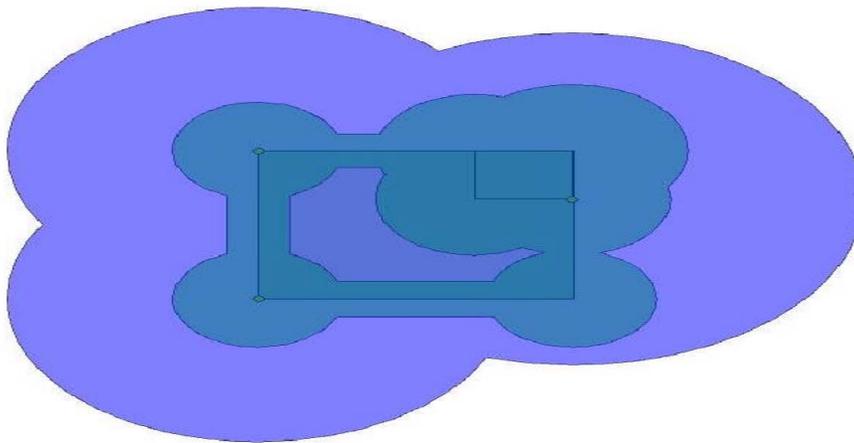
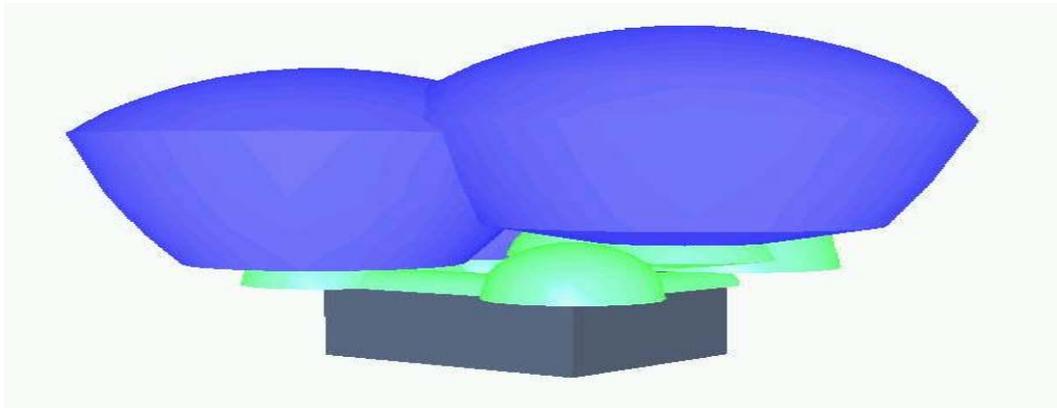
8) Contador de descargas: Este contador se instala encima de la junta de control, y en todos los casos 2 m. por encima del suelo. Se instala sobre el conductor de bajada.

9) Junta de control: Cada conductor de bajada deberá incorporar una junta de control que permita desconectar la toma de tierra a fin de efectuar la medida de toma de tierra. Se ubica a dos metros por encima del suelo.

10) Tubo de protección: Se intercala entre el suelo y la junta de control para proteger la bajante contra los choques mecánicos. Debe ser metálico y tener 2 m. de altura. Se fija con 3 abrazaderas.

El proyecto del diseño final de la instalación, se hizo en base al software Benji 2000, se tomaron en cuenta las mediciones del plano, ancho: 275 mts. Alto: 30 mts. y largo: 450 mts. Finalmente los planos en el software quedaron dibujados de la siguiente manera.





FIGURAS 4.15 DIAGRAMAS DE PROTECCION A LA INSTALACION CON EL SISTEMA DE PARARRAYOS.

Donde el color verde nos marca que tiene una protección máxima, el color azul esta protegido pero si hay equipos explosivos se recomienda darle una protección más amplia y el color rojo nos marca que no tiene nada de protección. Teniendo el último dibujo elaborado y no teniendo una sola marca de color rojo se entrego el plano donde se muestran las 3 puntas que se instalara.

La instalación se elabora prácticamente igual que el sistema de tierras solo que se agregaron las puntas en los lugares señalados, con su sistema de bajada en este caso cable Ericore y su sistema de tierras normal.

Para fijar la punta del pararrayo debemos pasar el cable por el mástil e introducir el cable en el barreno del vástago de la punta y apretar los opresores colocándolos en su posición adecuada y dentro de su aislador a 1.5 m. sobre cualquier superficie a proteger.

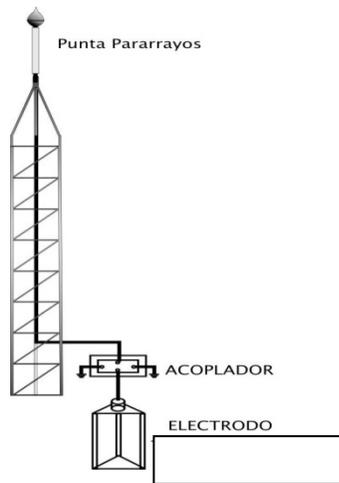


FIGURA 4.16 INSTALACION COMPLETA DE PARARRAYOS.

Las mediciones que se tuvieron en los sistemas de tierra de las puntas pararrayo, fueron las siguientes:

PUNTA.	MEDICION.
1	1.7 OHMS.
2	1.9 OHMS.
3	2.0 OHMS

Tabla 4.7 Mediciones finales del sistema de tierra de los sistemas de pararrayos.

Tomando en cuenta estas medidas y comparándolas con las que marcan las normas, las medidas tomadas están bastante aceptables, ya que ni una medición paso de los 2 ohms.

CONCLUSIONES.

El concepto tierra física, se aplica directamente a un tercer cable, alambre, conductor, como tu lo llames y va conectado a la tierra propiamente dicha, o sea al suelo, este se conecta en el tercer conector en los tomacorrientes, a estos tomacorrientes se les llama polarizados.

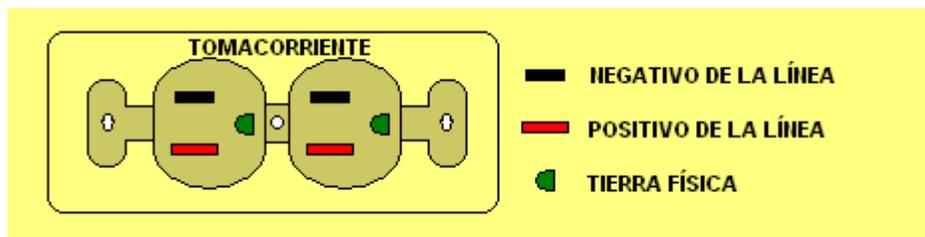


FIGURA 1 COMPONENTES DEL TOMACORRIENTES.

A todo el conjunto de elementos necesarios para una adecuada referenciación a tierra se denomina **Sistema de Puesta a Tierra**.

En la tierra se profundiza en toda su extensión a excepción de unos 5 cm. un electrodo sólido de cobre de 2 metros y mas o menos .5 pulgadas de diámetro, en el extremo que queda se conecta un conector adecuado en el cual va ajustado el cable y este conectado al tomacorriente como se indica en la figura siguiente. Este tubo debe de ir por lo menos 12" separado de la pared de la casa.

La tierra física antes descrita, protegerá todo equipo conectado a un tomacorriente de cualquier sobrecarga que pueda haber y por supuesto a los habitantes de la casa.

Si Queremos tener una instalación eléctrica buena es necesario tener nuestro hilo de tierras, esto debe de ser desde instalaciones pequeñas como una casa o un departamento hasta una nave industrial, ya que esto hacer que tengamos el mismo potencial de la tierra, haya menos ruido y tengamos un ramal por donde se desvíen las descargas eléctricas en lugar de irse a nuestro aparatos eléctricos.

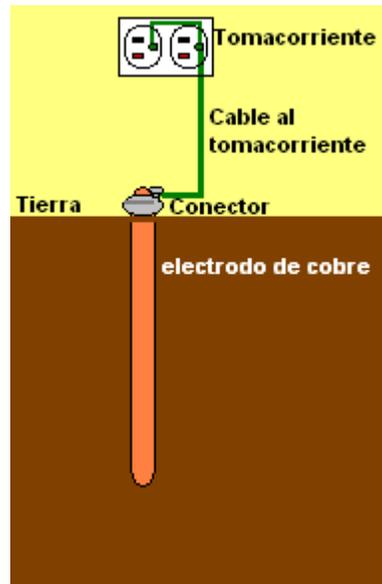


FIGURA 2 SISTEMA DE TIERRA DEL TOMACORRIENTES.

Existen diferentes tipos de conectores para hacer la unión del electrodo con el cable y conexiones de cable a cable, pueden ser ponchables que se unen en la conexión al oprimir o “ponchar” el conector o bien conectores mecánicos únicamente atornillando el conector hasta quedar bien sujeta la conexión o bien la conexión exotérmica, la cual se hace a base de calor para tener una fusión entre el cable-cable o cable-varilla.

DISTURBIOS ELECTRICOS.

Existen diferentes tipos de disturbios eléctricos dentro de una instalación eléctrica y una solución para cada unos de estos, y como ya se sabe la principal protección y la base de toda instalación eléctrica debe de ser el sistema de tierra física, algunos de los distintitos tipos de disturbio que existen, son los siguientes:

Transitorios

DEFINICIÓN:

Voltaje alto y angosto o impulso de corriente súper impuesto en la onda de CA

CAUSAS:

- Conmutación en la compañía eléctrica
- Arco causado por una soldadora
- Apertura o cierre de un contactor
- Arranque de equipo industrial pesado
- Rayos

EFFECTOS:

Falla o daños al equipo, bloqueo del sistema, corrupción/pérdida de datos y fatiga de componentes que pueden causar fallas

SOLUCIONES:

Supresor TVSS, Transformadores de aislamiento*, estabilizador UPS

Sobrevoltaje

DEFINICIÓN:

Aumento provisorio del voltaje RMS, puede durar varios ciclos

CAUSAS:

- Apagado de cargas grandes (motores, aire acondicionado, etc.)
- Compañía eléctrica dejando caer la carga

EFFECTOS:

Daño permanente a equipos y demás artículos eléctricos

SOLUCIONES:

- Regulador de voltaje/acondicionador de energía Estabilizador UPS con regulación de voltaje

Caída momentánea de voltaje

DEFINICIÓN:

Caída provisoria del voltaje RMS, puede durar varios ciclos

CAUSAS:

- Arranque de cargas grandes (motores, aire acondicionado, etc.)
- Conmutación en la compañía eléctrica

EFFECTOS:

Falla de sistemas, falla ocasional de los equipos, reducción en la eficiencia y vida útil de los equipos eléctricos, especialmente de motores

SOLUCIONES:

- Regulador de voltaje/acondicionador de energía
- Estabilizadores UPS
- Suministros de CC

Bajo Voltaje

DEFINICIÓN:

Caída provisoria del voltaje RMS, puede durar varias horas

CAUSAS:

- Alta demanda en la red eléctrica
- Servicio situado al final de la red de distribución

EFFECTOS:

Falla de sistemas y falla ocasional de los equipos, reducción en la eficiencia y vida útil de los equipos eléctricos, especialmente de motores

SOLUCIONES:

- Regulador de voltaje

Apagón

DEFINICIÓN:

Pérdida repentina de energía de CA

CAUSAS:

- Apertura de fusibles o cortacircuitos
- Tormentas
- Accidentes de construcción

EFFECTOS:

Parada de equipos, pérdida de datos, retrasos de producción, ciclos de arranque largos y problemas de seguridad (pérdida de iluminación, alarmas y sistema megafónico)

SOLUCIONES:

- Estabilizadores UPS

Armónicos

DEFINICIÓN:

Distorsión de la onda sinusoidal

CAUSAS:

- Suministros eléctricos conmutados
- Cargas no lineales

EFFECTOS:

Alta corriente, conductores neutros y transformadores sobrecalentados, distorsión de voltaje, cortacircuito, pérdida de capacidad del sistema

SOLUCIONES:

- Estabilizador UPS en línea
- Reactor de línea
- Filtros activos
- Transformadores ferorresonantes

Ruido eléctrico

DEFINICIÓN:

Amplitud baja, corriente baja, disturbios de alta frecuencia

CAUSAS:

Suministros eléctricos conmutados, otras cargas, puesta a tierra inadecuada

EFFECTOS:

Errores de software y bloqueo del sistema

SOLUCIONES:

Transformador de aislamiento, estabilizador UPS en línea, o supresor TVSS/filtro. Recablear la carga o trasladar la fuente de ruido

Disturbios eléctricos

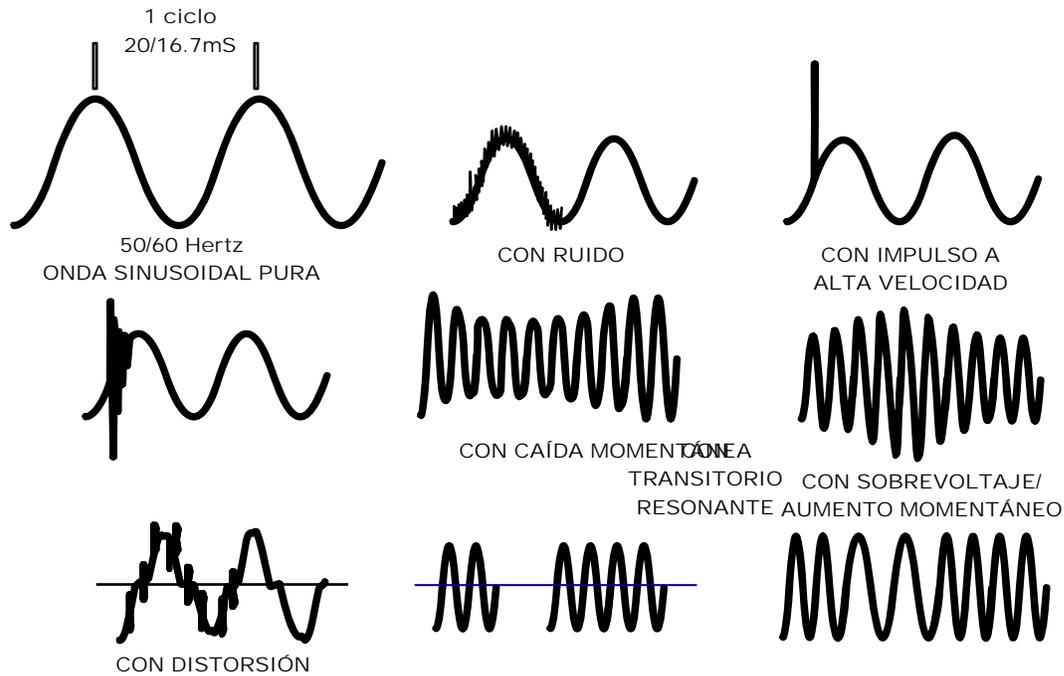


FIGURA 3 TIPOS DE DISTURBIOS ELECTRICOS.

Esto quiere decir que para tener una alimentación eléctrica pura y confiable es necesario a parte de instalar el hilo de tierras, supresores de picos y pararrayos como lo hemos visto en los capítulos anteriores, es necesario implementar una gama de equipos de protección en nuestra instalación, pero debemos de tomar en cuenta que para empezar nunca tendremos una alimentación pura por el distribuidor de la energía eléctrica nos manda la alimentación con ruido y a esto todavía debemos de agregarle los diablitos de la demás gente que esto afecta al balanceo de fases e implementa ruido en las líneas de transmisión eléctrica.

PRESUPUESTO DE UNA INSTALACION DE TIERRA FISICA.

M

SUMINISTRO E INSTALACION DEL SISTEMA DE TIERRA FISICA EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN, ZONA DE SURTIDOS.

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	2	TG100AB	KIT DE TIERRA FISICA 100A ACOPLAMIENTO EN BOBINA INCLUYE SACO DE 11 KG DE H2OHM, BRUJULA Y NIVEL	\$11.049,75	\$22.099,50
2	50	CABLE2	CABLE DE COBRE AISLADO CALIBRE 2	\$99,47	\$4.973,50
3	50	DUCT PVC PESADO.	DUCTERIA DE PVC PESADO.	\$50,00	\$2.500,00
4	1	CEM.PVC.	CEMENTOPARA PVC PESADO.	\$105,00	\$105,00
5	2	S1010	REGISTRO DE PVC DE ALTA DENSIDAD.	\$503,00	\$1.006,00
6	2	TGBUSG12	BARRA DE UNION SIN GABINETE CON AISLADORES.	\$130,00	\$260,00
7	80 CMS. DE DIÁMETRO 'X 1 MT.		PERFORACIONES DE 50CMS. DE DIÁMETRO X 1 MT. DE LARGO. INCLUYE: MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, RETIRO DE ESCOMBRO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	\$700,00	\$12.000,00
8	4	TGAB18	CONECTOR VARILLA-CABLE VARILLA 18.3MM, CABLE 2/0	\$91,64	\$366,56
9	6	TGCR11	CONECTOR DE BORNE A CABLE MAX 2/0	\$90,12	\$540,72
			TOTAL:		\$43.851,28



SUMINISTRO E INSTALACION DEL SISTEMA DE TIERRA FISICA EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN, ZONA BARRILES.

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	3	TG100AB	KIT DE TIERRA FISICA 100A ACOPLAMIENTO EN BOBINA INCLUYE SACO DE 11 KG DE H2OHM, BRUJULA Y NIVEL	\$11.049,75	\$33.149,25
2	45 MTS.	CABLE2	CABLE DE COBRE AISLADO CALIBRE 2	\$99,47	\$4.476,15
3	70 MTS.	DUCT PVC PESADO.	DUCTERIA DE PVC PESADO.	\$50,00	\$3.500,00
4	3	S1010	REGISTRO DE PVC DE ALTA DENSIDAD.	\$503,00	\$1.509,00
5	3	CEM.PVC.	CEMENTOPARA PVC PESADO.	\$105,00	\$315,00
6	5	TGBUSG12	BARRA DE UNION SIN GABINETE CON AISLADORES.	\$130,00	\$650,00
7	4	TG45AB	KIT DE TIERRA FISICA 45A ACOPLAMIENTO EN BOBINA INCLUYE SACO DE 11 KG DE H2OHM, BRUJULA Y NIVEL	\$3.091,50	\$12.366,00
8	4	S610	REGISTRO DE PVC DE ALTA DENSIDAD.	\$365	\$1.460,00
9	25 MTS.	CABLE4	CABLE DE COBRE AISLADO CALIBRE 4 INSTALACIONES	\$63,00	\$1.575,00
10	80 CMS. DE DIÁMETRO X 1 MT.		PERFORACIONES DE 50CMS. DE DIÁMETRO X 1 MT. DE LARGO. INCLUYE: MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, RETIRO DE ESCOMBRO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	\$700,00	\$15.000,00
11	8	TGAB15	CONECTOR VARILLA A CABLE VARILLA 14.6MM, CABLE 2	\$42,03	\$336,24
12	12	TGCR10	CONECTOR DE BORNE A CABLE MAX 1/0	\$70,88	\$850,56
13	6	TGAB18	CONECTOR VARILLA-CABLE VARILLA 18.3MM, CABLE 2/0	\$91,64	\$549,84

14	9	TGCR11	CONECTOR DE BORNE A CABLE MAX 2/0	\$90,12	\$811,08
				TOTAL.	\$76.548,12

M

SUMINISTRO E INSTALACION DEL SISTEMA DE TIERRA FISICA EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN, ZONA DE TETRA PACK.

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	1	TG45AB	KIT DE TIERRA FISICA 45A ACOPLAMIENTO EN BOBINA INCLUYE SACO DE 11 KG DE H2OHM, BRUJULA Y NIVEL	\$3.091,50	\$3.091,50
2	40 MTS.	CABLE4	CABLE DE COBRE AISLADO CALIBRE 4 INSTALACIONES	\$63,00	\$2.520,00
3	80 MTS.	CABLE1/0	CABLE DE COBRE AISLADO CALIBRE 1/0	\$157,41	\$12.592,80
4	120 MTS.	DUCT PVC PESADO.	DUCTERIA DE PVC PESADO.	\$50,00	\$6.000,00
5	1	CEM.PVC.	CEMENTOPARA PVC PESADO.	\$105,00	\$105,00
6	1	S610	REGISTRO DE PVC DE ALTA DENSIDAD.	\$365	\$365,00
7	2	S1010	REGISTRO DE PVC DE ALTA DENSIDAD.	\$503,00	\$1.006,00
8	2	TGC02	ACOPLADOR DE IMPEDANCIAS A MASAS BARRA DE ACOPLAMIENTO A MASAS MONTADO EN GABINETE DE ACERO AL CARBON	\$4.947,75	\$9.895,50
9	2	TG700	ELECTRODO MAGNETOACTIVO 700 A TOTAL GROUND ELECTRODO DE COBRE CON DISPOSITIVO MAGNETOACTIVO	\$13.243,50	26487
10	80 CMS. DE DIÁMETRO X 1 MT.		PERFORACIONES DE 50CMS. DE DIÁMETRO X 1 MT. DE LARGO. INCLUYE: MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, RETIRO DE ESCOMBRO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	\$700,00	\$13.000,00

	8	H2OHM	COMPUESTO INTENSIFICADOR H2OHM BAJA RESISTENCIA BOLSA CON 11 KG.	\$344,25	\$2.754,00
	1	TGBUSG12	BARRA DE UNION SIN GABINETE CON AISLADORES.	\$130,00	\$130,00
11	4	TGAB18	CONECTOR VARILLA-CABLE VARILLA 18.3MM, CABLE 2/0	\$91,64	\$366,56
12	6	TGCR11	CONECTOR DE BORNE A CABLE MAX 2/0	\$90,12	\$540,72
13	2	TGAB15	CONECTOR VARILLA A CABLE VARILLA 14.6MM, CABLE 2	\$42,03	\$84,06
14	3	TGCR10	CONECTOR DE BORNE A CABLE MAX 1/0	\$70,88	\$212,64
				TOTAL:	\$79.150,78

PRESUPUESTO DE UNA INSTALACION DE SUPRESOR DE TRANSIENTES.



SUMINISTRO E INSTALACION DE SUPRESOR DE TRANSITORIOS EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN, ZONA DE TETRA PACK..

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	8	SUPR603FC-SO	SUPRESOR DE TRANSIENTES 60KA 3F 5H 277/480V CON SEGUIMIENTO DE ONDA	\$5.950,28	\$47.602,24
				TOTAL:	\$47.602,24



SUMINISTRO E INSTALACION DE SUPRESOR DE TRANSITORIOS EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN, ZONA DE BARRILES.

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	1	SUPR603FC-SO	SUPRESOR DE TRANSIENTES 60KA 3F 5H 277/480V CON SEGUIMIENTO DE ONDA	\$5.950,28	\$5.950,28
				TOTAL:	\$5.950,28



SUMINISTRO E INSTALACION DE SUPRESOR DE TRANSITORIOS EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN, ZONA DE SURTIDO.

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	2	SUPR603FC-SO	SUPRESOR DE TRANSIENTES 60KA 3F 5H 277/480V CON SEGUIMIENTO DE ONDA	\$5.950,28	\$11.900,56
				TOTAL:	\$11.900,56

PRESUPUESTO DE UNA INSTALACION DE PARARRAYOS.



SUMINISTRO E INSTALACION DE SUPRESORES DE TRANSITORIOS EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN.

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	1	SISTEMA DINAESFERA 3000	PARARRAYOS 3000	\$39.088,50	\$39.088,50
2	65	ERICORE	CABLE ERICORE PARA EL SISTEMA 3000	\$346,40	\$22.515,45
3	2	TGAB21	CONECTOR VARILLA-CABLE VARILLA 20.3MM,CABLE 250MCM	\$138,00	\$276,00
				TOTAL.	\$62.339,27



SUMINISTRO E INSTALACION DEL SISTEMA DE PROTECCION ATMOSFERICA POR PUNTA EN LA PLANTA DE JUGOS DEL VALLE DE TEPOTZOTLAN.

PARTIDA.	CANTIDAD	MODELO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	1	KDA05	KIT DE PARARRAYOS 150 MTS DE RADIO INCLUYE 8 SACO DE H2OHM, ELECTRODO TG1000 Y ACOPLADOR TGC04	\$39.088,50	\$39.088,50
2	65	CABLE250	CABLE DE COBRE AISLADO CALIBRE 250 MCM	\$346,40	\$22.515,45
3	2	TGAB21	CONECTOR VARILLA-CABLE VARILLA 20.3MM,CABLE 250MCM	\$138,00	\$276,00
4	5	TGCR14	CONECTOR DE BORNE A CABLE MAX 250 MCM	\$91,87	\$459,32
				TOTAL.	\$62.339,27

Hace muchos años atrás, los motores eléctricos eran simples y rústicos lo bastante para funcionar casi eternamente.

Las máquinas de escribir eléctricas podrían trabajar noche y día, solamente dañadas por cambios en el voltaje.

Los procesos industriales eran electromecánicos con automatizaciones precarias para máquinas siempre pesadas.

Hoy, los dispositivos que son utilizados son PC's, sistemas informáticos que manejan grandes máquinas, procesos automáticos y complejos, los sistemas microprocesados comandan sistemas inteligentes en áreas como las telecomunicaciones, industria, electromedicina, broadcasting, centros de cómputos etc.

Además, los nuevos tipos de productos electrónicos operan con voltajes y niveles de amperaje muy bajos.

Como resultado de ello, las máquinas que contienen los circuitos impresos modernos, son muy sensibles a impulsos y variaciones en las fuentes de alimentación y sobre todo a disturbios de la red de alimentación.

Y lo que es más, existen hoy día los productos eléctricamente basados en nuevos microprocesadores de altísima velocidad y físicamente mas pequeños lo que hace que sean mas sensibles a las perturbaciones ya que el dieléctrico interno es cada vez menor y mas frágil.

La naturaleza de la energía eléctrica, por otro lado, ha sufrido grandes cambios en las últimas décadas.

Las palabras como la ola, transitorio, y fluctuaciones ahora son la pimienta en nuestro idioma cotidiano.

Pero para un usuario de equipo de computación sensible, por ejemplo, cualquiera de estas anomalías eléctricas pueden causar el desastre.

Las unidades de disco duro pueden chocar con una ola de voltaje inesperada.

Los equipos PLC's pueden colapsar.

La lista sigue sin parar. Otro problema al equipo electrónico moderno son las secuelas de los rayos.

Las descargas atmosféricas ocurren a nivel mundial con diversas frecuencias.

Hay un promedio de 1,900 tormentas en marcha alrededor del mundo en cualquier momento . Y el impacto del rayo puede ser catastrófico, causando un estimado de muchos millones anuales en el daño de propiedad

Otras fuentes de disturbios de energía pueden ser tanto o más dañino que un rayo y aún más frecuente.

Estos problemas de energía son la mayoría y son generados por diversas fuentes, transferencias de energía de grupo electrógeno a línea, movimiento de grandes cargas eléctricas, transmisores de ondas, soldadoras eléctricas, cortes y reconexión de equipos, acondicionadores, refrigeradores, etc.

Pero hay una manera de limpiar la electricidad que usted usa antes de que pueda causar el daño.

La clave es eliminar las perturbaciones eléctricas.

BIBLIOGRAFIA.

GEOMAGNETISM, Vol. I y II by S. Chapman and J. Bartels. Editorial Oxford University Press.

THE MAGNETIC FIELD OF THE EARTH, by R. T. Merrill, M. W. Mc El-hinny, P. L. Mc Fadden. Editorial Academic Press.

NFPA 70 "National Electrical Code" - 2008 Edition

NFPA 780 "Standard for the Installation of Lightning Protection Systems" - 2008 Edition

ANSI/IEEE Std 80-2000. Guide for Safety in AC Substation Grounding.

IEEE Std 81 IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System

IEEE Std 142-1991 "IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.

IEEE Std 1100 - 2005 "IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment"

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1994, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN). SECRETARIA DE ENERGÍA.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-022-STPS-1999, ELECTRICIDAD ESTÁTICA EN LOS CENTROS DE TRABAJO, CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE. SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL.

NFPA-780 STANDARD FOR THE INSTALLATION OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS 1997 EDITION.

NORMA INTERNACIONAL CFE/IEC 1024-1, 1990, PROTECCIÓN DE
ESTRUCTURAS
CONTRA RAYOS

· NORMA FRANCESA

"Manual de cables de Condumex"
Mc Graw Hill, 2º Ed.
México, 1984

Espinosa Lara Roberto
"Sistemas de distribución"
Noriega Limusa
México, 1990

Jackson, J.D. (1975). *Classical Electrodynamics*. John Wiley & Sons, Inc. 2ª edición.. ISBN 978-0-471-43132-9.

Sears, Francis W., Zemansky, Mark W., Young, Hugh D. (2004). *Física Universitaria vol. 2 (Electricidad y Magnetismo)*. Editorial Pearson Educación; Madrid (España). ISBN 970-26-0512-1.

Feynman, R. y Leighton, R.B. (1987). *Física Vol. II: Electromagnetismo y materia*. Addison-Wesley Iberoamericana, cop.. ISBN 0-201-06622-X.