



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**“ILUMINACIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN  
EFICIENTE CONTRA DISTURBIOS ELÉCTRICOS EN  
INTERACCIÓN CON EL PLANETA”**

**TRABAJO DE SEMINARIO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A:  
GERARDO MENDIZÁBAL PAOLETTI**

ASESOR: ING. JAIME RODRÍGUEZ MARTÍNEZ.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVANZADA DE  
MÉXICO

UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

C. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

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

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario

"Iluminación e Instalaciones Eléctricas. Implementación de un Sistema de  
Protección Eficiente Contra Disturbios Eléctricos en Interacción con el  
Planeta"

que presenta el pasante, Gerardo Mendizábal Paoletti.

con número de cuenta: 8836325-1 para obtener el título de  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx a 20 de Abril de 1 de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
I	Ing. Jaime Rodríguez Martínez	
II	Ing. Ramón Osorio Galicia	
III	Ing. Pedro Guzmán Finajero	

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por todos los dones que me ha concedido.

A mis papas por su apoyo, amor y comprensión.

A mi hermana por todos los momentos compartidos.

A mis abuelitos por su cariño.

A los profesores que me impulsaron en mi formación.

A los académicos, administrativos y todo el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México que me impulsaron en mi desarrollo profesional.

Al Ing. Jaime Rodríguez por su interés y asesoría en el desarrollo del presente trabajo.

A mi novia por su entusiasmo y comprensión.

A mi tía Dolores Rodríguez Ladrón de Guevara por estar conmigo en los momentos difíciles.

## EL DIAMANTE

Triste, opaco, sin brillar  
Un diamante no pulido,  
encontrábase perdido  
en el valle del Palmar.  
Viole un joyero al pasar  
Y a su taller le llevó;  
Y hermoso entonces, luciente,  
magnífico y esplendente  
la luz del sol reflejó.

Así el hombre no educado,  
cual piedra desconocida,  
suele encontrarse en la vida  
triste, sin luz, despreciado;  
mas si a estudiar consagrado  
busca el saber con anhelo,  
tórname en dicha su duelo;  
la educación lo embellece  
y en su alma que resplandece  
refleja la luz del cielo.

José Rosas Moreno

**INDICE**

1

**INTRODUCCIÓN**

**OBJETIVO**

4

**CAPITULO 1**

**LA SOLUCIÓN EFECTIVA**

5

**DESCRIPCIÓN**

9

**CARACTERÍSTICAS**

9

**BENEFICIOS**

11

**AREAS DE APLICACIÓN**

13

**CAPITULO 2**

**SISTEMAS ACTUALES (CLÁSICOS)**

14

QUE ES UNA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

14

**FUNCIÓN Y OBJETIVOS ELEMENTALES DE UNA INSTALACIÓN DE  
PUESTA A TIERRA**

15

**DESCUBRIENDO UN PELIGROSO ENEMIGO OCULTO**

18

**LA IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA,  
ANTIGUAMENTE LLAMADO "SISTEMA DE PUESTA A TIERRA"**

22

### CAPITULO 3

	22
<b>OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE CONTRA DISTURBIOS ELÉCTRICOS.</b>	
<b>BENEFICIOS QUE PROPORCIONA LA INSTALACION DE UN MODERNO SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE CONTRA DISTURBIOS ELÉCTRICOS</b>	23
<b>REVOLUCIONAR LA INGENIERIA DE PUESTA A TIERRA</b>	23
Beneficios que otorga	26
Beneficios adicionales	28

### CAPITULO 4

	30
<b>ELEMENTOS QUE CONFORMAL EL SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE</b>	
<b>POR QUE USAR VARISTORES</b>	32
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	33
Máximo impulso de corriente no repetitiva	34
Energía máxima	35
<b>¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA ALINEACIÓN DEL ELECTRODO CON LA TIERRA?</b>	36
<b>CUADRO COMPARATIVO (SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE vs Mallas, Varillas, Electrodo, Químicos)</b>	37
<b>TABLA PARA LA ELECCIÓN DEL ELECTRODO CORRECTO</b>	38
<b>TABLA PARA LA ELECCIÓN DEL SINCRONIZADOR DE ADMITANCIAS</b>	39

## **CAPITULO 5**

<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EFECTIVA CONTRA DISTURBIOS ELÉCTRICOS EN INTERACCIÓN CON EL PLANETA</b>	<b>40</b>
<b>TÍPOS DE PROTECTORES SECUNDARIOS EXISTENTES</b>	<b>41</b>
MÓDULOS DE CLIP	42
MÓDULOS DE TORNILLO	44
<b>APLICACIÓN</b>	<b>45</b>
<b>PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO</b>	<b>48</b>
<b>CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>59</b>
Bibliografía básica	59
Bibliografía WEB	61
Bibliografía complementaria	62

## **INTRODUCCIÓN.**

### **¿Que es una tierra física o eléctrica?**

Hablar de “Tierras Físicas” o “Tierras Eléctricas” suena muy abstracto para quien no está relacionado con el tema. La TIERRA FÍSICA es una conexión de seguridad humana y patrimonial que se diseña en los equipos eléctricos y electrónicos para protegerlos de disturbios o transitorios imponderables, por lo cual pudieran resultar dañados. Dichas descargas surgen de eventos imprevistos tales como los fenómenos artificiales o naturales como descargas electrostáticas, interferencia electromagnética, descargas atmosféricas y errores humanos.

Cuando se propone hacer la instalación a “Tierra Física”, de inmediato pensamos en una varilla o una malla de metal conductora (red de tierra), ahogada en el terreno inmediato de nuestras instalaciones con el fin de que las descargas fortuitas ya mencionadas, sean confinadas en forma de ondas para que se dispersen en el terreno subyacente y de esa forma sean “disipadas”, en donde se supone que tenemos una carga de cero volts y que además nos olvidamos de que estos elementos son de degradación rápida y que requieren mantenimiento.

La observación de los cero volts entre cargas atmosféricas (Neutro-Ground-Masas) no necesariamente es cierta, pues según mediciones llevadas a cabo con equipo de mediana y alta tecnología, existen zonas de disipación de descargas que tienen voltajes muy superiores a cero, donde lo que se supone que debe de ser de protección humana o a equipo eléctrico y/o electrónico, se convierte en un punto alto de riesgo con consecuencias impredecibles.

Hay lugares en los que dicha diferencia de potencial llega a ser tan alto que se han logrado mediciones entre neutro y tierra física (desde 5 o más volts C.A.), lo cual significa que entre el cable que se supone que TIENE VOLTAJE CERO y la tierra que también lo debe tener, existe un potencial de tal magnitud que bien se podría comparar con la necesaria para que trabajen los aparatos domésticos como refrigeradores, televisores, licuadoras, hornos de microondas, computadoras, etc.

Este fenómeno detectado se presenta por la cantidad de descargas eléctricas, magnéticas y de ondas hertzianas que se obtienen por una incorrecta disipación a tierra y que “saturan” a los conductores de puesta a tierra.

Esto no es lo mas grave, pues en el caso de la industria se han realizado mediciones que hacen incrementar un factor denominado de pérdidas, que afecta directamente a la pérdida de capital, por las constantes “fallas de energia” y el constante deterioro del equipo electrónico originado por esa corriente de falla que no llega a disiparse eficientemente y que da una diferencia de potencial en el suelo donde se tiene la supuesta descarga de “tierra física”.

Es por ello que se sugiere un esquema de protección de alta eficiencia electromecánica y electrónica que verdaderamente realice la disipación de la carga que fluye hacia la tierra física de nuestros aparatos y equipos que requieren de ella, que a la vez reduzca a un MÍNIMO REAL el riesgo por aquellas corrientes indeseables no confinadas por los sistemas tradicionales. Con la finalidad de que sean realmente eliminadas, de forma tal que la posibilidad de falla de equipos e instalaciones sea reducida a su mínima expresión. Además, se busca el máximo aprovechamiento de nuestra potencia de entrada a los aparatos y equipos, al no encontrar el problema que representa esa corriente de falla en los circuitos e instalaciones, así como la compatibilidad y acoplamiento efectivo entre las fuentes de energía y las cargas eléctricas. Encontrar corriente e impedancia en la tierra en donde tenemos nuestras instalaciones, no es raro ni caso excepcional debido a que la tierra está siendo “saturada” por diferentes medios como ondas electromagnéticas provocadas por campos eléctricos, campos magnéticos, corriente de falla o descargas de cualquier tipo, incluyendo las descargas meteorológicas las cuales navegan en la corteza terrestre y ocasionan una carga que puede ser conducida a los equipos por medio de las propias instalaciones de tierra física convencionales.

Una vez determinado el origen del problema, se buscó una solución óptima para erradicar el riesgo que presenta la carga que satura el suelo y que provoca gran cantidad de fallas en el funcionamiento de los aparatos como cortocircuitos, alti-bajas en el voltaje de circuitos “regulados”, desconexión intermitente de corto circuito, etc.

Así pues, confirmado el hecho de que existía una carga eléctrica donde se suponía que debería ser cero de voltaje, se propone establecer la forma de evitar que dicho potencial afectara instalaciones o bien que éstas quedaran como la teoría y el propio diseño lo exige.

Al comprobar que la carga en el suelo es muy superior a lo esperado y llega de forma impredecible de todas partes, lo que ocasiona que una descarga eléctrica fortuita llegue a impactar en la instalación convencional de “tierra física”, la descarga encontraría una alta resistencia al llegar directamente al

suelo y, por lo tanto, “correría” por todas las instalaciones eléctricas y lo que estuviera conectado a ellas.

Por ello se debe procurar anular la impedancia total ( $Z_R$ ,  $Z_L$ ,  $Z_C$ ) y en un amplio espectro de frecuencias con respecto al suelo y reducirla a su mínima expresión con el fin de que las descargas que pudieran llegar a formarse en estos lugares se disiparan en forma de ondas, sin el riesgo de un incremento del voltaje de paso, de toque o en los circuitos e instalaciones conectadas a “tierra física”.

Los pararrayos resultan ser el factor de mas alto riesgo, pues al estar sobrecargado el suelo de energía, si esta energía es de la misma polaridad que la de la atmósfera, las descargas NO LLEGAN A DAR EN LOS PARARRAYOS. por el contrario, los evitan. Y si la energía en el suelo es de diferente polaridad que la de la atmósfera, entonces actúan como “atrayentes” de las descargas y, al no encontrar dichas descargas la menor impedancia a tierra, los rayos llegan a ser conducidos por las estructuras metálicas de las edificaciones, tales como: varillas, pasamanos, tuberías de agua, gabinetes metálicos y las mismas instalaciones eléctricas, con lo que puede provocar el efecto de explosiones en los sitios donde se descargan en su mayor potencial.

De aquí la necesidad de encontrar la forma de “igualar la impedancia” o resistencia de los puntos de descarga y de atrapamiento de los rayos, de tal manera que, cuando se encuentre la descarga tocando el pararrayos, en todo el sistema se tenga igual impedancia para que la descarga se dirija directamente a tierra en forma de onda horizontal que nulifique los efectos destructivos.

La orientación de los campos electromagnéticos se debe dar en base a los polos magnéticos del planeta. El campo magnético de la tierra, al no estar “alineado” con campos formados por otros orígenes, crea nodos y distorsiones por la influencia de las líneas de campo y da como consecuencia interferencias al de menor valor.

## OBJETIVO

Implementar un sistema diseñado para mejorar el funcionamiento de los equipos eléctricos, electrónicos y en general, con todo lo relacionado a las instalaciones eléctricas, como son: motores, plantas de energía, líneas, estructuras, equipo de diversa índole y para gran variedad de aplicaciones entre las que destaca la informática, redes, etc. Y en sí todas las instalaciones utilizadas para la transferencia de corriente eléctrica y todo aquello que se considere como conductor que esté en contacto con dichas instalaciones que pudiera ser susceptible de establecer un "arco voltaico". Se protegen zonas de alto riesgo por el manejo de materiales explosivos, comburentes o combustibles cómo en los despachos y depósitos de gasolina y derivados del petróleo, o químicos de esas características; zonas de manejo de altos voltajes como en las subestaciones eléctricas; edificaciones y lugares en donde hay aglomeraciones de personas por diferentes causas, como edificios públicos y privados, hospitales, hoteles, cines, teatros y lugares de servicio turístico, comercios y centros comerciales y todos los lugares requieren de una protección en sus instalaciones eléctricas incluyendo contra descargas atmosféricas fortuitas. Ya que es sabido que existen zonas consideradas como **CORREDORES DE RAYOS**; es decir, la probabilidad de descargas eléctricas atmosféricas es muy alta y de consecuencias graves para los habitantes de dichos lugares. En las zonas de corredores de rayos, las instalaciones eléctricas de la edificación deben de ser protegidas de forma adecuada y segura, los edificios elevados presentan el mayor riesgo de atracción de los rayos en las tormentas eléctricas con pararrayos convencionales, aunque estos edificios no son el caso exclusivo.

El sistema responderá al principio básico de funcionamiento de un verdadero acoplamiento electromagnético entre dos masas, a través de una eficiente y baja impedancia al planeta tierra, esto se perfeccionará incorporando un esquema eficiente de protección, en el cual estarán involucrados, la tierra física (no varillas), las cuchillas desconectoras y fusibles, las protecciones termomagnéticas, supresor de picos primario (protector primario), circuitos desconectores y supresores de picos, los dos últimos se deberán instalar en cada uno de los equipos eléctricos y/o electrónicos y estarán incorporados ambos en un solo equipo que denominaremos **protectores**.

## LA SOLUCIÓN EFECTIVA.

En la actualidad se requiere de la colocación de barras o varillas de conducción para la tierra física de las instalaciones eléctricas de cualquier tipo; sin embargo, si son depositadas en una superficie pequeña (cercanas entre sí), los flujos de corriente utilizarán las mismas trayectorias de salida para la disipación y con ello se reducirá la capacidad de conducción del suelo.

Se busca que el sistema de protección tenga las características de un electrodo magnetoactivo integral de mayor transmisión de corriente cuyas características nos permitan asegurar los siguientes beneficios.

- Mejora de la eficiencia del transformador (Baja reluctancia magnética).
- Atenuación de radiación de campos magnéticos al mejorar el efecto de apantallamiento en su blindaje.
- Ahorro de energía al atenuar la radiación electromagnética y disminución del efecto Joule .
- Incremento del transporte de energía eléctrica.
- Mayor vida efectiva para los bancos de capacitores.
- Incremento de la eficiencia del neutral.
- Cancelación de los "bucles " o diferencias de potencial entre los gabinetes de distribución y el transformador, y en general en toda la red de distribución eléctrica.
- Baja temperatura en transformadores y motores.

- Real acoplamiento eléctrico entre potencial y carga.
- Impedancia baja y efectiva a tierra.
- Disminución del efecto galvánico (Corrosión).
- Depresión de la distorsión armónica (THD)

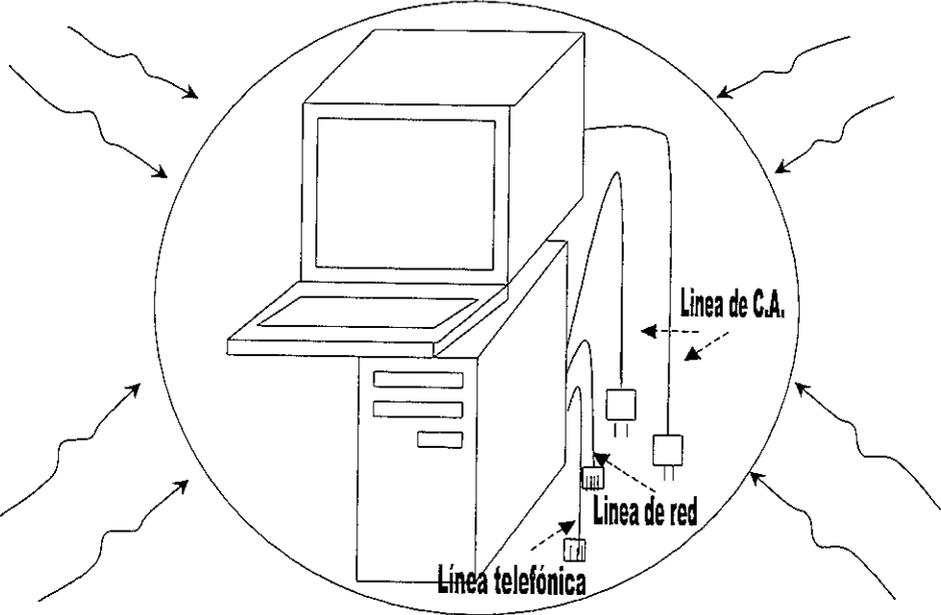
Además al implementar este sistema en talleres, industrias y centros de producción en general, se busca proteger a toda la maquinaria y equipo electromecánico y electrónico como son las máquinas-herramientas, los motores y controles electrónicos, etc. con lo cual se obtiene:

- Incremento en la seguridad del centro de trabajo
- Disminución del calentamiento en motores y cables (efecto anti-Joule)
- Ahorro de energía al operar transformadores con un "Xo" a muy baja impedancia total.
- Atenuación de ruido y distorsión en variadores de velocidad
- Disminución de distorsión armónica.
- Mejorar el factor de potencia.
- Mayor tiempo de vida, en los sistemas, equipos y aparatos,
- MENOR COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO A LA INSTALACIÓN.
- Mejor rendimiento y eficiencia de tarjetas electrónicas y componentes delicados.

- Disminución en fallas y descomposturas de equipo causadas por corrientes indeseables.
- Mayor calidad de operación.
- Menor costo de mantenimiento.
- Ahorro de energía.
- Menor índice de errores.
- Incremento de estabilidad y eficiencia.
- Mayor velocidad/metro en transmisión de datos en redes.
- Mayor calidad y pureza de definición en las señales.
- Mayor vida útil del equipo, sistema y aparatos.

Para lograr estos puntos la tecnología se conforma de una plataforma equipotencial integrada por los diversos circuitos eléctricos mediante una ingeniería de vectores que permite definir cada uno de los protagonistas conductores a tierra, como son el Xo, la tierra física "0" lógico, pararrayos y protección catódica. la interacción entre conductores a tierra (Nec. 250-51) se efectúa por medio de acopladores que permiten obtener permitividad homogénea respecto a tierra y acoplarse a la misma por medio de los electrodos magnetoactivos. También se utilizarán elementos de desconexión independientemente de los existentes en cada instalación eléctrica que marca la Norma Oficial Mexicana "NOM" (cuchillas de desconexión, fusibles y centros de carga). Estos equipos de desconexión implementan la tecnología de los semiconductores, elementos como los varistores y relevadores). Los primeros actuando como supresores de picos "filtros" y los segundos efectuando un corte de energía en el momento de que una descarga se presente (variación de voltaje o sobretensión). La idea de incluir estos sistemas, que a partir de este momento denominaremos **protectores secundarios**, es la de proporcionar seguridad

adicional a nuestros equipos e instalaciones, ya que cualquier conductor que esté entrando o saliendo de un equipo puede ser el camino para una descarga electrostática, interferencia electromagnética, descargas atmosféricas y errores humanos, de ello surge la necesidad de incorporar a esos conductores en el esquema de protección, así podemos crear un esquema de protección efectiva en cada uno de los equipos eléctricos y electrónicos cercando el paso a cualquier falla. Conjuntando dichos sistemas podemos lograr una esfera de protección, para ello necesitamos incluir un sistema de protección primario el cual tenga la capacidad de filtrar grandes corrientes (50 [KA]) y una disipación de energía superior a 1900 Joules [J] sin proporcionarnos desconexión de los equipos conectados en la red eléctrica, además se requiere de un sistema de protección secundario, el cual debe tener la capacidad de cortar la energía a un voltaje superior a los 160 [V], soportar una corriente de impulso de 52 [KA] y un poder de disipación de energía superior a los 1600 Joules [J], también deben ofrecer una protección de fase a neutro, de fase a tierra y de neutro a tierra.



ESFERA DE PROTECCIÓN

## DESCRIPCION.

La tecnología electromagnética en sistema de puesta a tierra para instalaciones eléctricas, en conjunto con sistemas de protección (primaria y secundaria), cuyo principio básico de funcionamiento es el verdadero acoplamiento electromagnético entre dos masas, a través de una eficiente y baja impedancia al planeta tierra apoyado por un equipo (protectores) que facilita el drenado de las corrientes nocivas.

## CARACTERISTICAS:

- La tecnología que concibe una estructura de puesta a tierra y utilizando dos fuerzas naturales Vector de Newton (o de atracción gravitacional) y Vector Magnético (o polar terrestre) para polarizar su estructura y definir un cátodo superior y un ánodo inferior suficiente para interactuar en equilibrio (Fuerzas Eléctricas y Magnéticas).
- El acoplamiento de masas equipotenciales a tierra, por la vía de acopladores electromagnéticos dispuestos en mallas o circuitos que permitan la cancelación de gradientes de potencial (E,H) por cosenos de ángulos amortiguados dispuestos de forma tal que definan el objetivo del conductor a tierra como Neutro Ground, " 0 " lógico, protección catódica o pararrayos
- La puesta a tierra que concibe el acoplamiento entre dos masas electromagnéticas (artificial del hombre) y (natural el planeta tierra) por la vía de la impedancia total referida a frecuencia.

$$Z_c + Z_1 + Z_1 - Z_1/f = 0$$

- La puesta a tierra concibe su operación en forma unidireccional (trayectoria a tierra) e impide la conducción de potenciales o señales procedentes del suelo o subsuelo terrestre. (Transferred Earth Potential) TEP. IEEE.
- Concepción en tiempo y frecuencia, suficiente para hacer equipotencial una masa electromagnética y deprimir (EMI) interferencia electromagnética y (RFI) interferencia electromagnética aumentando la compatibilidad y disminuyendo la susceptibilidad.

Con este sistema no es necesario contemplar dentro de su implementación variables de tipo natural y artificiales como son.

- Resistividad del terreno.
- Cambio de polaridad magnética
- Energización del suelo artificial.
- Corrientes telúricas naturales del planeta.
- Temporadas climatológicas humedad del suelo y subsuelo.
- Mantenimiento.

## **SISTEMAS DE TIERRA ACTUALES (CLASICOS)**

Instalación de puesta a tierra.

La temática de la puesta a tierra permite enfoques muy variados. El que se ha elegido en este trabajo pretende ir introduciendo la Norma, de forma paulatina y formal, en esta materia.

### **QUE ES UNA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.**

La unión eléctrica con la tierra, de una parte de un circuito eléctrico o de una parte conductora perteneciente al mismo, se efectúa mediante la instalación de puesta a tierra que, es "el conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica".

"Las instalaciones de puesta a tierra estarán constituidas por uno o varios electrodos enterrados y por las líneas de tierra que conecten dichos electrodos a los elementos que deben quedar puestos a tierra".

## **FUNCIÓN Y OBJETIVOS ELEMENTALES DE UNA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.**

La función de puesta a tierra de una instalación eléctrica es de forzar la derivación, al terreno, de las intensidades de corriente, de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya se trate de corrientes de defecto, o debidas a descargas atmosféricas, de carácter impulsional.

Con ello se logra:

- Limitar la diferencia de potencial que, en un momento dado, puede presentarse entre estructuras metálicas y tierra.
- Posibilitar la detección de defectos de tierra y asegurar la actuación y coordinación de las protecciones eliminando o disminuyendo, así, el riesgo que supone una avería para el material utilizado y las personas.
- Limitar las sobretensiones internas (de maniobra, transitorias y temporales) que pueden aparecer en la red eléctrica, en determinadas condiciones de operación
- Evitar que las tensiones de frente (impulsos) que originan las descargas de los rayos, en el caso de las instalaciones de exterior y, particularmente, en líneas aéreas.

La circulación de las intensidades mencionadas por la instalación de puesta a tierra pueden originar la aparición de diferencias de potencial entre ciertos puntos, por ejemplo, entre la instalación de puesta a tierra y el terreno que la rodea o entre dos puntos, por ejemplo, entre la instalación de puesta a tierra y el terreno que la rodea o entre dos puntos del mismo, por cuya razón debe concebirse la instalación de puesta a tierra para que incluso con la aparición de las diferencias de potencial mencionadas se cubran los siguientes objetivos:

- Seguridad de las personas.
- Protección de las instalaciones.
- Mejora de la calidad de servicio (alta calidad y eficiencia eléctrica).
- Establecimiento y permanencia de un potencial de referencia (equipotencialidad efectiva)

Debe hacerse especial énfasis en que la seguridad de las personas es lo que verdaderamente preocupa y se constituye en el fin primordial de la instalación de puesta a tierra, lo que significa que no se deje de reconocer la importancia de los otros tres objetivos

Así mismo, "toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en ningún punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma las personas en tránsito corran el riesgo de que puedan estar sometidas a una tensión peligrosa, durante cualquier defecto de la instalación eléctrica o en la red unida a ella".

Ello induce, equívocamente, a pensar en la posibilidad de una seguridad absoluta. A este, respecto, es oportuno recoger la afirmación que, sobre el riesgo contiene la IEEE Std.80. Su traducción dice así: "Un somero análisis mostrará que es absolutamente imposible, a menos que se abandone totalmente la distribución de energía eléctrica, prevenir en todo momento, en todo lugar y bajo todas las circunstancias, la presencia de tensiones peligrosas. Sin embargo, este hecho no releva al ingeniero de la responsabilidad tanto razonablemente se pueda. Afortunadamente, en la mayoría de los casos mediante un diseño cuidadoso e inteligente esa probabilidad puede reducirse a un valor extremadamente bajo". En relación con la seguridad de las personas, no se derivará ningún peligro para las mismas en una instalación de alta tensión cuando nunca puede llegar a "puentear" con su cuerpo dos puntos con una diferencia de potencial capaz de establecer la circulación de una intensidad de corriente con una duración tal que determine efectos fisiológicos peligrosos.

Al hacer referencia a la acción del "puenteo" de dos puntos con el cuerpo, se está pensando en el comportamiento profesional del personal actuante sobre la instalación y en el que se podría llamarse comportamiento normal de las personas ajenas a la instalación o a su explotación. En este punto conviene remarcar, que las puestas a tierra no garantizan la seguridad total de las instalaciones

eléctricas ante los incalculables transitorios y fenómenos, reacciones anómalas, imprudencias y, aún, despropósitos que las personas pueden llevar a cabo con respecto a una instalación de alta tensión y que, por otro lado, incluso serán elementos coadyuvantes a aumentar la gravedad en caso de accidentes por contactos directos. "Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma, donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas, como máximo, a las tensiones de paso y contacto (durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella)".

## **DESCUBRIENDO UN PELIGROSO ENEMIGO OCULTO**

Cerca de nosotros, prácticamente viviendo y envolviéndonos, se encuentran los cables eléctricos que hacen funcionar nuestro estéreo, video casetera, televisión, lámpara de buró, el horno de microondas, refrigerador, lavadora, computadora, sistema de alarma; en fin, día a día son más los aparatos eléctricos y electrónicos que utilizamos en hogares, residencias e industrias. Es en estos cables en donde se oculta y pasa aparentemente inadvertido un poderoso y destructor enemigo oculto, su nombre: Contaminación Electromagnética.

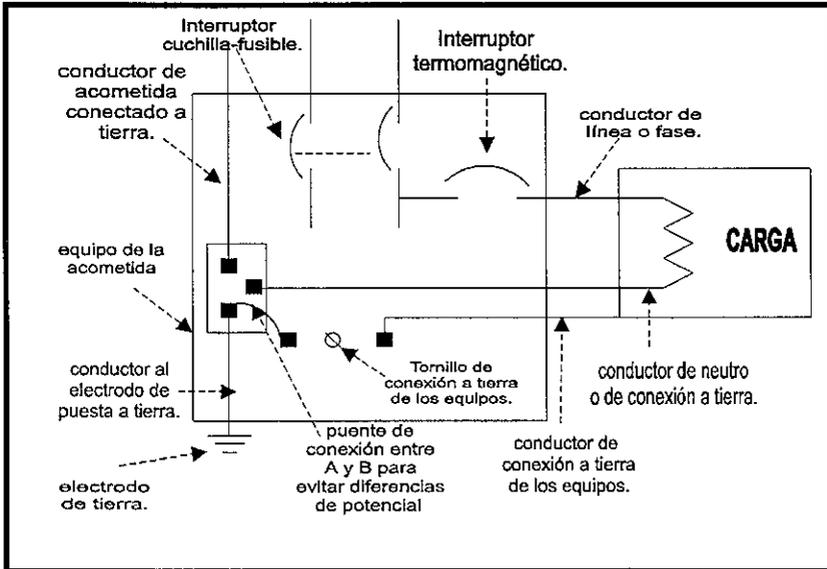
**¿Cómo nace este letal enemigo y porqué nos causa daños Irreversibles?**



Para identificarlo pensemos y reflexionemos en un simple foco.

De acuerdo al diagrama anterior podemos apreciar que el foco no encenderá si el interruptor estuviera en posición de “abierto” o sencillamente que el conductor “neutro” no estuviera puesto correctamente a tierra. Con el propósito de definir la importancia de los conductores “neutro” y “tierra física”, analizaremos el concepto “puesto correctamente a tierra”.

- 1- En cumplimiento a la norma NOM-001-sede-1999 referente a instalaciones eléctricas, el conductor “tierra física” deberá puentearse, unirse con el “neutro” en el tablero o centro de carga principal.



Hoy día las "reglas del juego" han cambiado debido al desarrollo de la tecnología electrónica, ya que los "sistemas de puesta a tierra"; utilizan procedimientos empleados desde el siglo XVIII. Esto quiere decir que actualmente las prácticas comunes de puesta a tierra no son suficientes o adecuadas.

¿Porqué no son suficientes y adecuados hoy día los sistemas tradicionales?

En los últimos veinte años y en proporción al crecimiento demográfico mundial, se han incrementado las corrientes telúricas del suelo de nuestro planeta, esto quiere decir que tenemos hoy mayor actividad y obviamente seguirá creciendo la energía geoelectrónica artificial (producida por el hombre) en la corteza terrestre.

Paradójicamente al crecimiento de la actividad geoelectrónica terrestre, requerimos mayor pureza en la referencia de "puesta a tierra" sobre todo de sensibles y delicados equipos de cómputo, robótica o telecomunicación, etc., con el reto de que estos deben de funcionar y operar a su máxima eficiencia y continuar funcionando en acoplamiento con transformadores de potencia, descargas atmosféricas (rayos), eventuales turbulencias eléctricas, etc. Si este escenario lo aunamos al crecimiento continuo del número de teléfonos celulares, de transreceptores (walkie-talkies), radios móviles (patrullas, etc.), satélites y en general de equipos de telecomunicación, el resultado es un peligroso caos, no sólo para los equipos, sistemas, aparatos y accesorios, sino incluso para la calidad de vida y por ende la salud del ser humano y de nuestro ecosistema

El conductor del electrodo de puesta a tierra (NOM-001 -SEDE-1 999 Sección 250-26.6) es el encargado de unir dos masas, la primera compuesta por los circuitos eléctricos y cargas conectadas y la segunda por el suelo de nuestro planeta.

Pensar que el suelo de nuestro planeta se encuentra en un "0" potencial es un error, por lo cual las varillas, tubos, estructuras o cables enterrados no garantizan una referencia constante, segura y efectiva, por el contrario funcionan como antenas enterradas captando peligrosos impulsos destructivos que circulan permanentemente en la corteza terrestre.

Siendo más claros: el suelo terrestre cambia eléctricamente en cada centímetro cuadrado, por lo cual no cumple con el importante término de equipotenciabilidad y además no es estable ni constante, por lo que estamos expuestos a daños en equipos, aparatos y seres vivos

Al reflexionar sobre la importancia de los conductores de puesta a tierra sin un sistema de protección, estamos descubriendo por su rápido deterioro e ineficiencia un peligroso enemigo que aunque aparentemente oculto, ocasiona daños y perjuicios, los cuales considerarnos normales y parte de nuestra vida cotidiana. Este olvido o indiferencia nos ocasiona:

Mayor consumo de energía. (Alto factor de pérdidas) Debido a la caída de eficiencia de neutros y a la debilidad de apantallamientos y blindajes.

Mayor calentamiento para equipos, aparatos, componentes y accesorios.

Menor vida útil de los mismos.

Generación de turbulencia eléctrica como picos, transitorios, armónicos, etc., originando destructiva Distorsión Eléctrica. (Redes de puesta a tierra energizadas por su alta impedancia de acoplo)

Baja eficiencia de operación equipos electromecánicos y electrónicos.

Fallos, errores, descomposturas y destrucción de equipos y aparatos electrónicos

Alto nivel de contaminación electromagnética, provocando daños a la salud de seres humanos.

Alto riesgo para la seguridad o integridad humana, exponiéndose a descargas eléctricas en todo momento.

Deterioro latente e impredecible de nuestro ecosistema.

## **LA IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA, ANTIGUAMENTE LLAMADO "SISTEMA DE PUESTA A TIERRA"**

### **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 mecatrónica, (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:

### **EVOLUCIONAR 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.

Define 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.

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

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

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

- Tierra de funcionamiento. (T. F.)

onductor 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.

- Tierra de protección, (T. P.)

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

- Tierra electrónica (T. E.)

onductor 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.

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

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

- 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).

- 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:**

- Puede instalarse en proyectos nuevos o para reforzar instalaciones en proceso.
- Puede instalarse por etapas. (Iniciando siempre por las subestaciones principales de alimentación).
- Se conectan a los antiguos sistemas de tierra para incrementar su funcionamiento.
- Tiene la facilidad de instalarse en áreas reducidas como en sótanos y en espacios reducidos detrás de los muebles y en caso de el electrodo de tierra, sin necesidad de utilizar áreas verdes como un requisito indispensable.
- Para su instalación no requiere hacer paros de producción.
- Es un sistema integral de protección altamente eficiente, suficiente para cubrir todas las necesidades actuales que la propia tecnología de punta exige.
- 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.
- Este Sistema de Protección Eficiente logra impedancias a tierra cercanas a "0" ohms 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.
- 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.

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.

1. 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.

2. 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:**

- Ahorro en el consumo de energía eléctrica, al corregir la ineficiencia del neutro de su instalación y disminuir el factor de pérdidas.
- Atenuación de picos, transitorios, y demás fluctuaciones de energía eléctrica que dañan y destruye sus aparatos electrónicos.
- Mayor calidad en imagen y sonido para equipos de video como: televisión, DVD y videocaseteras.
- Sonido limpio, claro y definido para los equipos de sonido.
- Mejor recepción de señales de radio A.M. F.M. Y S.W
- 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.
- Se eficientiza la potencia nominal para las lavadoras y secadoras de ropa.
- Cancelación de interferencias de radiofrecuencia (RFI) y electromagnéticas (EMI).
- Se puede escuchar radio de A.M. sin molestos ruidos o interferencias.
- Mayor vida útil para lámparas y focos, con el ahorro económico consecuente.
- Menos calentamiento de motores, aparatos, equipos, accesorios y los cables de la instalación eléctrica.
- Seguridad y protección eléctrica para los seres vivos, contra descargas eléctricas y cortos circuitos.

) Mayor calidad de vida, al disminuir peligrosos niveles de señales o ruido eléctrico y electromagnético que afectan la salud.

) Mayor eficiencia y vida útil del cableado de su instalación eléctrica.

) 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 EL SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE

- **Electrodo de puesta a tierra** (magnetoactivo). Este permite enviar de forma unidireccional las corrientes indeseables.
- **Sincronizador de admitancias**. Este dispositivo interconecta el conductor de tierra y el electrodo de puesta a tierra a la red o al equipo a proteger a través de sus componentes equipotenciales electroactivos, supresores de ruido y coordinadores de admitancias. Su principio teórico se basa en su campo magnético presente en su eje perpendicular, es decir, entre el punto a proteger y el electrodo de puesta a tierra. Este campo magnético se aplica perpendicularmente a un conductor por el cuál circula una corriente eléctrica, presentando una diferencia de potencial entre los extremos del conductor, esta diferencia de potencial desaparece cuando es cancelado el campo magnético. Así mismo, el sincronizador de admitancias contiene supresores tanto de ruidos eléctricos como de impulsos electromagnéticos, lo que lo hace un elemento importante para confirmar que realmente existe interconexión entre la red y los diferentes sistemas de protección (protectores primarios, interruptores de cuchillas, fusibles, pastillas termomagnéticas y protectores secundarios), incluyendo defasamientos angulares eléctricos y los bloques de interacción entre ellas, con balanceo equipotencial instantáneo.
- **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.

## **POR QUE USAR VARISTORES.**

Los varistores proporcionan una protección fiable y económica contra transitorios de alto voltaje que pueden ser producidos, por ejemplo, por relámpagos, conmutaciones o ruido eléctrico en líneas de potencia de CC o CORRIENTE ALTERNA.

Los varistores tienen la ventaja sobre los diodos (supresores de transitorios) que, al igual que ellos pueden absorber energías transitorias (incluso más altas) pero además pueden suprimir los transitorios positivos y negativos.

Cuando aparece un transitorio, el varistor cambia su resistencia de un valor alto a otro valor muy bajo. El transitorio es absorbido por el varistor, o bien drenado a tierra, protegiendo de esa manera los componentes sensibles del circuito.

Los varistores se fabrican con un material no-homogéneo. (Carburo de silicio)

## **CARACTERISTICAS:**

1. Amplia gama de voltajes - desde 14 V a 550 V (RMS). Esto permite una selección fácil del componente correcto para una aplicación específica.
2. Alta capacidad de absorción de energía respecto a las dimensiones del componente.
3. Tiempo de respuesta de menos de 20 ns, absorbiendo el transitorio en el instante que ocurre.
4. Bajo consumo (en stand-by) - virtualmente nada.
5. Valores bajos de capacidad, lo que hace al varistor apropiado para la protección de circuitería en conmutación digital.
6. Alto grado de aislamiento.

### **Máximo impulso de corriente no repetitiva**

El pico máximo de corriente permitido a través del varistor depende de la forma del impulso, del duty cycle y del número de pulsos.

Con el fin de caracterizar la capacidad del varistor para resistir impulsos de corriente, se permite generalmente que garantice un 'máximo impulso de corriente no repetitiva'. Este viene dado por un impulso caracterizado por la forma del impulso de corriente desde 8 microsegundos a 20 microsegundos siguiendo la norma "IEC 60-2", con tal que la amplitud del voltaje del varistor medido a 1 mA no lo hace cambiar más del 10% como máximo.

Un impulso mayor que el especificado puede ocasionar cortocircuitos o ruptura del propio componente; se recomienda por lo tanto instalar un fusible en el circuito que utiliza el varistor, o utilizar una caja protectora.

Si se aplica más de un impulso o el impulso es de una duración mas larga, habría que estudiar las curvas que al efecto nos proporcionan los fabricantes, estas curvas garantizan la máxima variación de voltaje (10%) en el varistor con 1 mA.

## Energía máxima

Durante la aplicación de un impulso de corriente, una determinada energía será disipada por el varistor. La cantidad de la energía de disipación es una función de:

1. La amplitud de la corriente.
2. El voltaje correspondiente al pico de corriente.
3. La duración del impulso.
4. El tiempo de bajada del impulso; la energía que se disipa durante el tiempo entre 100% y 50% del pico de corriente.
5. La no linealidad del varistor.

## **¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA ALINEACIÓN DEL ELECTRODO CON LA TIERRA?**

En respuesta a esta pregunta la encontramos en el interior de la Tierra, concretamente en el núcleo.

La Tierra tiene varias capas con distintas densidades y temperaturas. Concretamente, hasta 2900 km de profundidad (la discontinuidad de Gutenberg) es un medio plástico, medio sólido. Después, hasta los 5100 km, es el núcleo externo, fluido, y de los 5100 a 6371 es sólido. Éste último está formando por una mezcla de Níquel y Hierro, principalmente. Precisamente el Hierro, y las corrientes que se forman en el Núcleo externo son las responsables del Magnetismo Terrestre, y de que todas las agujas de las brújulas se orienten al Norte. Es como si fuese un gigantesco imán que tiene los dos polos, el Norte y el Sur.

Seguramente que todos asociamos el polo Norte con el Norte, pero no es así, me explico: el polo Norte geográfico no coincide exactamente con el polo Norte Magnético (el que indican las brújulas). Hay una diferencia de 20 grados de uno a otro. De todas formas son bastante próximos uno a otro.

De todas formas, se sabe que el polo Norte magnético se llegó a invertir. Se calcula que en los últimos 5 millones de años, han tenido lugar al menos 10 inversiones de polaridad, es decir, que las agujas en vez de apuntar al Norte, apuntan al Sur, porque el gigantesco imán interno de la tierra se orientó de esa manera. A la polaridad de hoy en día se le llama normal, y a la otra, inversa.

**CUADRO COMPARATIVO**  
**SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE vs Mallas, Varillas,**  
**Electrodos Químicos**

Descripción del funcionamiento del SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTE	Tipo de sistemas de Tierra	
	Mallas, Varilla y Electrodo Químicos	SISTEMAS DE PROTECCIÓN EFICIENTE
Impedancia permanente y baja	X	✓
Requiere mantenimiento	✓	X
Áreas equipotenciales permanentes	Corto Tiempo	Permanente
Protección anticorrosiva	X	✓
Protección contra NEMP	X	✓
Confina corrientes armónicas	X	✓
Confina EMI	X	✓
Reduce Voltaje de paso	Corto Tiempo	Permanente
Eficiencia el equipo eléctrico	X	✓
Eficiencia el transporte de energía	X	✓
Elimina cargas ESD	X	✓
Proporciona protección catódica	Corto Tiempo	Permanente
Depende de la conductividad del terreno	✓	X
Reduce el factor de pérdidas	X	✓
Minimiza el efecto Joule	X	✓
Cumple con la Norma NEC-250-50 (1996)	X	✓
Separa tierras Neutro, Ground y Masa	X	✓

**TABLA PARA LA ELECCIÓN DEL ELECTRODO CORRECTO**

<i>Corriente nominal ~ (1,5 s)</i>	<i>Corriente nominal -- (1,5 s)</i>	<i>Corriente máxima ~ (1,5 s)</i>	<i>Corriente máxima -- (1,5 s)</i>
40 A	35 A	65 A	55 A
350 A	300 A	600 A	500 A
600 A	550 A	800 A	700 A
950 A	800 A	1200 A	1020 A
1650 A	1400 A	2000 A	1750 A

<i>Frecuencia fundamental</i>	<i>Depresión IRF (RFI) e IEM (EMI)</i>	<i>Rango de temperatura de operación</i>
50 – 60 Hz	100 Hz – 1,2 GHz	-15 – 80°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 80°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 80°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 95°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 95°C

<i>Tensión nominal ~ (5 s)</i>	<i>Tensión nominal -- (5 s)</i>	<i>Alto M</i>	<i>Ancho M</i>
0 – 2 kV	0 – 1,5 kV	0,84	0,12
0 – 2 kV	0 – 1,5 kV	0,90	0,40
0 – 3 kV	0 – 2,5 kV	2,10	0,50
0 – 3,5 kV	0 – 3 kV	2,30	0,60
0 – 5 kV	0 – 4 kV	2,82	0,60

TABLA PARA LA ELECCIÓN DEL SINCRONIZADOR DE ADMITANCIAS.

<i>Corriente nominal</i> <i>~</i> <i>(1,5 s)</i>	<i>Corriente nominal -</i> <i>-</i> <i>(1,5 s)</i>	<i>Corriente máxima</i> <i>~</i> <i>(1,5 s)</i>	<i>Rango de temperatura</i> <i>de operación</i>
40 A	65 A	50 A	-15 - 95°C
20 A	30 A	25 A	-15 - 95°C
100 A	165 A	140 A	-15 - 95°C
1200 A	1650 A	1300 A	-15 - 95°C
1600 A	2000 A	1800 A	-15 - 95°C
5000 A	6000 A	5500 A	-15 - 120°C

<i>Tensión Nominal ~</i> <i>(5 s)</i>	<i>Tensión Nominal</i> <i>(5 s) - -</i>	<i>Frecuencia</i> <i>fundamental</i>	<i>Rango de frecuencia</i>
0 - 2 kV	0 - 5 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 1,5 GHz
0 - 2 kV	0 - 5 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 1,5 GHz
0 - 5 kV	0 - 8 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 2,5 GHz
0 - 7 kV	0 - 10 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 2,5 GHz.
0 - 10 kV	0 - 12 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 3,5 GHz
0 - 15 kV	0 - 20 kV	1 kHz	500 Hz - 3,5 GHz.

<i>Capacidad</i> <i>(joules)</i>	<i>esd Alto</i> <i>M</i>	<i>Ancho</i> <i>M</i>	<i>Fondo</i> <i>M</i>
1250	0,20	0,25	0,15
1250	0,20	0,25	0,15
2000	0,20	0,25	0,15
2500	0,30	0,25	0,15
3500	0,30	0,25	0,15
Gas (fotones)	0,30	0,25	0,15

## **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EFECTIVA CONTRA DISTURBIOS ELÉCTRICOS EN INTERACCIÓN CON EL PLANETA.**

1. Necesitamos saber la carga máxima de nuestra instalación.
2. Si tenemos la potencia aparente máxima de la instalación o bien del transformador directamente la sustituimos en la formula para el cálculo de la corriente trifásica, después de desarrollar el procedimiento que mencionaré posteriormente, elegir el electrodo magnetoactivo de puesta a tierra y el sincronizador de admitancias necesarios, para lo cual nos apoyaremos en las tablas anteriores.
3. Para el protector primario no es necesario realizar cálculos ni observación alguna ya que este no tiene limitación de corriente debido a que se conecta en paralelo con la carga y sirve para dos fases de 110V, en caso de tener tres fases se instalará uno adicional para la fase 3 (se recomienda en la fase de contactos o la más cargada). El protector primario debe de ser conectado en la acometida o bien junto al centro de carga a una distancia no mayor a 30 cm.
4. La elección de los protectores secundarios básicamente estará determinada por el número de contactos que se requieren en un lugar determinado para el equipo existente. la corriente (15 ó 20 A) y de los cables de datos que a dichos equipos entren. También hay que tomar en consideración la sensibilidad de los equipos a proteger, esto último con el fin de determinar si los protectores deben cortar en alto y bajo o solo en alto voltaje.

## TÍPOS DE PROTECTORES SECUNDARIOS EXISTENTES.

A) Contactos a 15 A. 1800W. Con corte el alto voltaje.

- Dos contactos. \*
- Dos contactos y una línea telefónica. \*
- Dos contactos y una línea coaxial normal (0.7V. Max. Antena aérea o cable con señal no amplificada por el coaxial.) \*
- Ocho contactos y una línea telefónica. \*\*
- Ocho contactos con posibilidad de crecer con módulos de clip. \*\*
- Ocho contactos con posibilidad de crecer con módulos de tornillo. \*\*

B) Contactos mixtos 15 y 20 A. 1800 y 2400 W respectivamente. Con corte en alto voltaje.

- Dos contactos, uno a 15 y uno a 20 A \*

C) Contactos a 15 A. 1800 W. Con corte en alto y bajo voltaje.

- Ocho contactos y una línea coaxial normal 0.7V. Max. (Antena aérea o cable con señal no amplificada por el coaxial.) \*\*
- Ocho contactos una línea telefonía, dos coaxiales normales y una coaxial satelital 27V. Max. (Antena con señal amplificada por el coaxial.). \*\*
- Siete contactos una línea telefonía, dos coaxiales normales y una coaxial satelital \*\*\*
- Ocho contactos una línea coaxial normal. \*\*\*
- Diez contactos una línea telefonía, dos coaxiales normales y una coaxial satelital. \*\*\*

\* Montable en contacto polarizado

\*\* Montable en pared

\*\*\* Montable en Rac.

## MÓDULOS DE CLIP

Protección para:

- Una línea telefónica.
- Dos líneas telefónicas.
- Una línea telefónica privada (ISDN/LL)
- Una línea LAN/UTP
- Una línea RS-232
- Cuatro líneas telefónicas digitales.
- Una línea Telefónica y una coaxial normal
- Una línea coaxial normal.
- Una línea coaxial satelital.
- Una línea telefónica con protección primaria (con fusible de gas)

## MÓDULOS DE TORNILLO.

Protección para:

- Cuatro líneas telefónicas con conectores RJ-11 ó 45.
- Cuatro líneas telefónicas con entrada ponchable con herramienta 110 y salida ponchable con herramienta 110 y/o conector RJ-45.
- Ocho líneas telefónicas ponchables con herramienta 110.
- Dieciséis líneas telefónicas con cable anphenol.
- Veinticinco líneas telefónicas con cable anphenol.
- Una línea RS-232.
- Ocho pares atornillables 47 V.

## APLICACIÓN.

Tenemos una casa habitación, la cual tiene las siguientes cargas:

### Equipo Eléctrico y Electrónico.

Descripción del equipo	Carga en Watts	Carga en Amperes
Refrigerador	190	1.50
Fax	100	0.78
Horno de microondas	1650	13.00
Tostador de pan	1200	9.45
Lavadora	1200	9.45
Televisor 19"	100	0.78
Video casetera	21	0.17
UPS	50	0.39
CPU	400	3.15
Monitor	140	1.10
Televisor 29"	195	1.53
DVD	16	0.12
Sistema de Teatro en Casa	300	2.36
Conmutador	50	0.39
UPS2	50	0.39
CPU 2	400	3.15
Monitor 2	140	1.10
Amplificador	300	2.36
Preamplificador	60	0.47
CD	15	0.12
Casetera	12	0.09
<b>TOTAL</b>	<b>6589</b>	<b>51.85</b>

## Iluminación

Luminario	Cantidad	Carga (Watts)	Carga Total (Watts)	Carga Total (Amperes)
Candil decorativo	2	300	600	4.72
Tipo aspirina	3	38	114	0.89
Globo	3	75	225	1.77
Empotrables	2	26	52	0.41
Candil Flor	1	250	250	1.97
Candil Halógeno	1	150	150	1.18
Reflectores Halógeno	8	50	400	3.15
Farol	1	100	100	0.78
Candil Trébol	1	350	350	2.75
TOTAL		1339	2241	17.62

## Motores

Motor	Cantidad	Consumo (Amperes)	Total (Amperes)
Bomba de agua	1	7.0-3.5	7.0

## PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.

I. Se deberá seleccionar la potencia aparente máxima instalada que resulte de acuerdo al arreglo de interconexión de la infraestructura eléctrica y potencia que se utilizará de la siguiente manera:

a) Se calculará la corriente trifásica de acuerdo a la potencia máxima aparente, referida al lado de baja tensión, utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{a1} = \frac{\text{Potencia Aparente (kVA)}}{\sqrt{3} \times V_L(\text{kV})}$$

b) En el caso de que la instalación no requiera del 100% de la potencia de la alimentación principal, se calculará en el "porcentaje de utilización", ejemplo:

II. Si la empresa o casa habitación utiliza únicamente un 60% de su capacidad máxima y no contempla un crecimiento a corto y mediano plazo, se deberá afectar la corriente calculada en el punto a), por el factor = 0,60

$$I_{a1} = \frac{\text{Potencia Aparente (kVA)}}{\sqrt{3} \times V_L(\text{kV})} \times 0,6$$

III. Calculada la corriente de fase de trabajo, procedemos a considerar la corriente de falla en los 4 modos que serían los referidos a:

- Corriente estacionaria.
- Corriente casi estacionaria (60Hz).
- Corriente alterna rápida (alta frecuencia).
- Corriente de impulso electromagnético (descargas atmosféricas o fallas de sistemas de potencia).

$$I_{a2} = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} \times 4$$

Considerando lo anterior resulta un "factor de cuatro modos" igual a 4, es decir, se deberá afectar el resultado de los incisos II y III.

El siguiente paso es la consideración de la "reactancia pico", de la cual resulta un factor igual a 0.04, es decir, se deberá afectar el resultado obtenido en el punto III.

El resultado anterior deberá ser afectado por el factor de "pico máximo" igual a 30, es decir:

$$I_{a3} = I_{a2} \times 30$$

Una vez calculado el punto anterior, éste deberá ser afectado por último por el "factor pico armónico" igual a 0.85, resultando un valor igual a:

$$I_{TRIFASICA DE CORTO CIRCUITO} = I_{a3} \times 0,85$$

## CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.

Debido a que la carga excede los 8000 Watts se tiene un sistema trifásico de cuatro hilos.

Tomando la carga total en Amperes del circuito se procede al cálculo de acuerdo al siguiente procedimiento:

I.

$$I = 76.49 \text{ A.}$$

II.

$$I_1 = I \times 0.6$$

$$I_1 = 76.49 \times 0.6$$

$$I_1 = 45.89 \text{ A.}$$

III.

$$I_2 = I_1 \times 4$$

$$I_2 = 45.89 \times 4$$

$$I_2 = 183.56 \text{ A.}$$

IV.

$$I_3 = I_2 (0.04)$$

$$I_3 = 7.34 \text{ A.}$$

V.

$$I_4 = I_3 (30)$$

$$I_4 = 7.42 (30)$$

$$I_4 = 220.27 \text{ A.}$$

VI.

$$I_5 = I_4 (0.85)$$

$$I_5 = 220.27 (0.85)$$

$$I_5 = 187.22 \text{ A.}$$

1. Usando la corriente  $I_5$  (corriente trifásica de corto circuito) seleccionamos el electrodo de la tabla para la elección del electrodo magnetoactivo, tomando la correspondiente al valor inmediato superior de la corriente obtenida en el paso anterior.

### TABLA PARA LA ELECCIÓN DEL ELECTRODO CORRECTO

<i>Corriente nominal ~ (1,5 s)</i>	<i>Corriente nominal -- (1,5 s)</i>	<i>Corriente máxima ~ (1,5 s)</i>	<i>Corriente máxima -- (1,5 s)</i>
40 A	35 A	65 A	55 A
350 A	300 A	<b>600 A</b>	500 A
600 A	550 A	800 A	700 A
950 A	800 A	1200 A	1020 A
1650 A	1400 A	2000 A	1750 A

<i>Frecuencia fundamental</i>	<i>Depresión IRF (RFI) e IEM (EMI)</i>	<i>Rango de temperatura de operación</i>
50 – 60 Hz	100 Hz – 1,2 GHz	-15 – 80°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 80°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 80°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 95°C
50 – 60 Hz	100 Hz – 3,5 GHz	-15 – 95°C

<i>Tensión nominal ~ (5 s)</i>	<i>Tensión nominal -- (5 s)</i>	<i>Alto M</i>	<i>Ancho M</i>
0 – 2 kV	0 – 1,5 kV	0,84	0,12
0 – 2 kV	0 – 1,5 kV	0,90	0,40
0 – 3 kV	0 – 2,5 kV	2,10	0,50
0 – 3,5 kV	0 – 3 kV	2,30	0,60
0 – 5 kV	0 – 4 kV	2,82	0,60

2. Posteriormente seleccionamos de la misma forma el sincronizador de admitancias.

**TABLA PARA LA ELECCIÓN DEL SINCRONIZADOR DE ADMITANCIAS.**

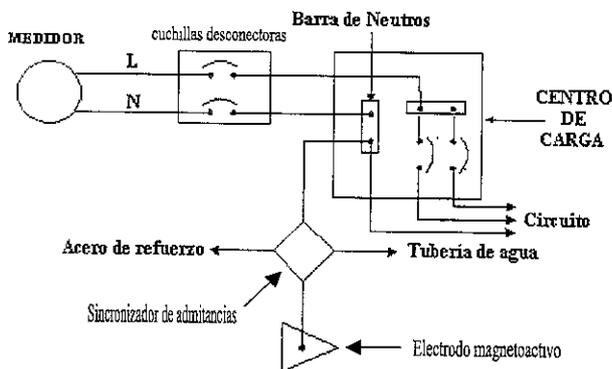
<i>Corriente nominal ~ (1,5 s)</i>	<i>Corriente nominal - - (1,5 s)</i>	<i>Corriente máxima ~ (1,5 s)</i>	<i>Rango de temperatura de operación</i>
40 A	65 A	50 A	-15 - 95°C
20 A	30 A	25 A	-15 - 95°C
100 A	165 A	140 A	-15 - 95°C
1200 A	1650 A	1300 A	-15 - 95°C
1600 A	2000 A	1800 A	-15 - 95°C
5000 A	6000 A	5500 A	-15 - 120°C

<i>Tensión Nominal ~ (5 s)</i>	<i>Tensión Nominal - (5 s) - -</i>	<i>Frecuencia fundamental</i>	<i>Rango de frecuencia</i>
0 - 2 kV	0 - 5 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 1,5 GHz
0 - 2 kV	0 - 5 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 1,5 GHz
0 - 5 kV	0 - 8 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 2,5 GHz
0 - 7 kV	0 - 10 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 2,5 GHz
0 - 10 kV	0 - 12 kV	40 - 70 Hz	40 Hz - 3,5 GHz
0 - 15 kV	0 - 20 kV	1 kHz	500 Hz - 3,5 GHz

<i>Capacidad (joules)</i>	<i>esd Alto M</i>	<i>Ancho M</i>	<i>Fondo M</i>
1250	0,20	0,25	0,15
1250	0,20	0,25	0,15
2000	0,20	0,25	0,15
2500	0,30	0,25	0,15
3500	0,30	0,25	0,15
Gas (fotones)	0,30	0,25	0,15



## NOTAS:

Separar en el centro de carga, las conexiones del Neutro y tierra Física, es decir, que los neutros se conecten a una barra común, y la tierra física a otra barra, sin conectar ambas barras entre sí, véase la figura anterior.

En caso de no contar con el tipo de centro de carga de la instalación con posibilidad de instalar dos barras independientes (Neutro y Tierra), se deberá proponer la instalación de otro centro de carga o gabinete que se pueda acondicionar de acuerdo a la figura anterior. Esto también se aplica cuando en lugar de centro de carga a base de interruptores termomagnéticos, se tenga únicamente un seccionador del tipo cuchilla-fusible.

Es importante e indispensable que la tierra física de protección (denominada normalmente como tercer conductor de una instalación monofásica), debe de ser de un conductor "aislado", de calibre por lo menos igual al del neutro. En caso de no existir el tercer conductor o bien, sea del tipo desnudo, se deberá proponer en caso de ser posible realizarlo) cambiar el conductor desnudo por uno aislado y del calibre recomendado.

El "X0" se debe conectar al transformador principal preferentemente, o en la UPS o bien, en el neutro del centro de carga principal.

3. Tomando en cuenta nuestros cuadros de cargas y las características principales de los protectores, como son:

- a) Protegen cableado y motores, no tienen limitación de corriente. (Protectores primarios).
- b) Protegen equipos eléctricos y electrónicos. Corriente máxima 15 y 20 A, Carga máxima 1800 y 2400 Watts respectivamente. (Protectores secundarios).
- c) Tipos de montaje. (En pared o Rac).
- d) Corte en alto y/o bajo voltaje (Sensibilidad del equipo a proteger)

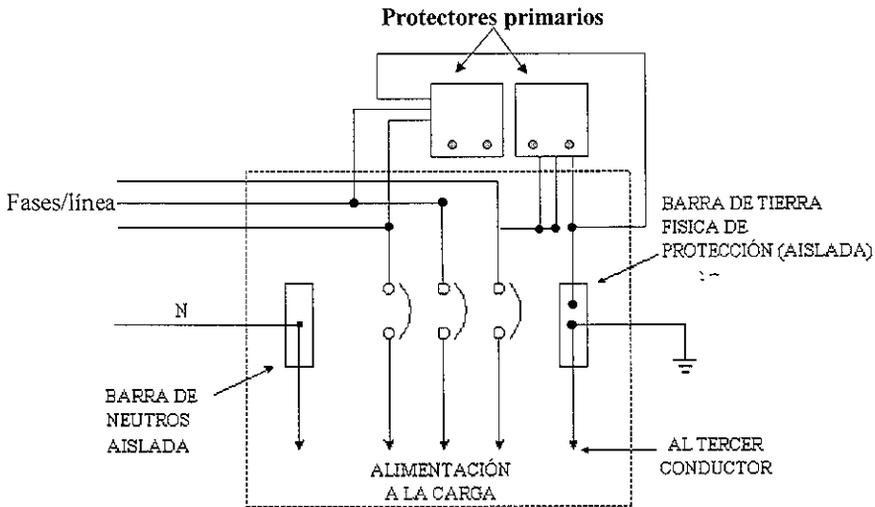
Procedemos con la selección de los adecuados.

Quedando de la siguiente manera:

#### **Para la Iluminación, el cableado y los motores.**

Instalamos en el centro de carga dos protectores primarios (uno para dos fases y el otro para la tercera).

## CENTRO DE CARGA



### Para el Equipo Eléctrico y Electrónico.

#### Consideraciones:

Para el refrigerador; este equipo se encuentra solo, el consumo es de 190 Watts, 1.5 A. Por lo tanto se selecciona un protector de dos contactos 15 A 1800 Watts. Con corte en alto voltaje ya que este equipo no es muy sensible

Para el Fax; este se encuentra solo, la carga del mismo es de 100 W, la corriente 0.78 A. Por consiguiente las características eléctricas del protector son las mismas que en el caso anterior pero hay una diferencia, se requiere proteger la entrada de la línea telefónica por ello seleccionamos un protector semejante al anterior pero con protección en la línea telefónica, con corte solo en alto voltaje ya que un fax no es muy susceptible a dañarse por trabajar con bajo voltaje.

Para la lavadora, el microondas y el tostador; como la carga de estos equipos es muy cercana a la máxima que soporta un protector a 15 A. Seleccionamos un protector para cada equipo de dos contactos 1800W, 15A. Con corte solo en alto voltaje ya que en el caso de que trabajaran en bajo voltaje están protegidos por el protector primario.

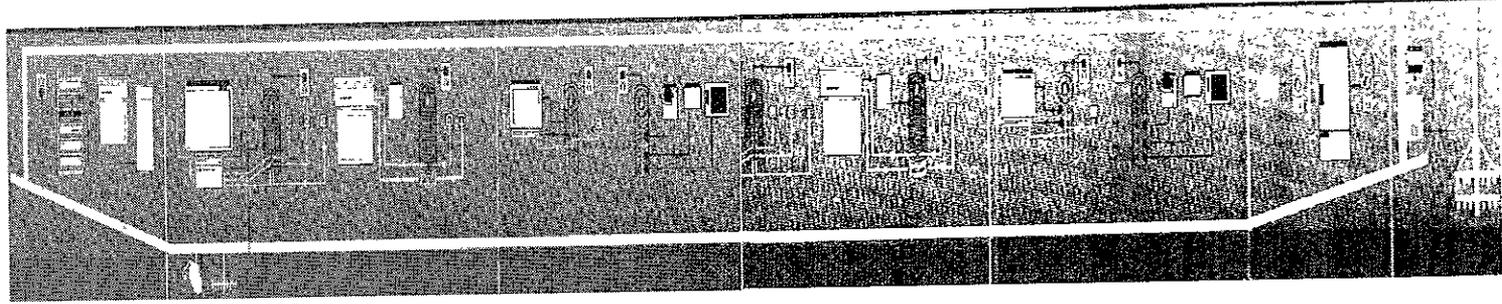
Para el televisor de 19" y la videocasetera; se considera la posibilidad del incremento del equipo periférico que se puede dar en un futuro no lejano, además el hecho de que a esos equipos entran cables de señal por medio de un cable coaxial, por ello elegimos un protector de 8 contactos que nos ofrezca protección en el coaxial con corte en alto como en bajo voltaje, esto ultimo debido a la sensibilidad de los equipos de audio y video.

Para el otro cuarto, en el cual se cuenta con un UPS y el equipo de computo (CPU, monitor) con una red LAN. Tenemos el hecho de que es un equipo muy sensible a daños por trabajar con un alto o bajo voltaje por ello seleccionamos un protector que corte en ambos casos, que proteja redes LAN y telefonía con 8 contactos pensando en una expansión futura de los periféricos.

En el cuarto de televisión, en el cual tenemos un televisor de 29", un DVD, un sistema de teatro en casa, de los cuales la carga no excede 1800W ni 15 A., susceptibles a daño por operar con alto y bajo voltaje. a estos equipos entran cables de cobre (coaxial y telefonía), por ello los protegemos usando un protector de 8 contactos con corte en alto y en bajo voltaje que además ofrezca protección en coaxial y telefonía.

Para el cuarto de conmutador, en el cual tenemos el conmutador, un UPS, un equipo de computo (CPU y monitor), un amplificador, un preamplificador, un CD y una casetera. Estos equipos se encuentran instalados en un Rac por lo que el protector deberá ser para montaje en Rac, este debe proteger mínimo 5 contactos en alto y bajo voltaje. además las líneas telefónicas y la red LAN; el protector existente que cumple con estas características tiene 10 contactos, protección coaxial y telefónica, pero nos hace falta proteger la red LAN para lo cual le agregamos un modulo para redes LAN.

CASA CON SISTEMA DE PROTECCIÓN EFICIENTEMENTE



## **CONCLUSIÓN:**

En nuestros hogares y en los lugares de trabajo disponemos de dispositivos que evitan ciertas tareas, la mayoría de los cuales funcionan con electricidad. Todo tipo de transmisión y comunicación, incluidos el almacenamiento y manipulación de datos, utiliza la corriente eléctrica de una forma u otra. Así que, igual que cuando hablamos provocamos un impacto en el entorno introduciendo "ruido" acústico, el uso de la electricidad también tiene un impacto en lo que nos rodea, y el mismo puede controlarse si utilizamos pantallas o blindajes (protectores) conectados a una red equipotencial y eficiente acoplada a tierra.

Con este sistema se logra incrementar la seguridad, protegiendo además el medio ambiente al evitar posibles e inexplicables fallas de los sistemas y sobre todo de los tan incrementados campos magnéticos, además de resolver la problemática, optimiza y protege los actuales sistemas instalados, con el diseño de esta ingeniería con la eficiencia requerida en la cual se encuentran interactuando las protecciones ya conocidas, los protectores (primarios y secundarios) conectados a un sincronizador de admitancias y este a un sistema de aterrizamiento a tierra por medio de un electrodo magnetoactivo.



## **BIBLIOGRAFÍA.**

Bibliografía básica:

Environmental Geology.

Coates, Donald P.

John Wiley & sons.

New York. 1981.

Introducción a las Ciencias de la Tierra "Understanding the Earth".

Gassm, I. G., Peter J. Smith y R.C.L. Wilson.

Ed. Reverte. Segunda edición.

Barcelona. 1980.

Geologic Hazard Resources, & Environmental Planing.

Grigg, Gary, B. John y A. Gilchrist.

Wadsworth Publishing, Co Segunda edición.

New York 1977.

The Earth's Dinamic Systems.

Hamblin, William, K.

Collier Mc Millan. 1989 p 576

Phisical Geology-Dubuque

Plummer, Charles. C.

Iowa. C. Brown, 1991.. p 543

Geología Física-México.

Robinson Edwin,S..

Lamusa. p 699

México. 1990

Physical Geology-New York.

Skinner, B. J.

John Wiley, p 750.

1988.

Geología de la República Mexicana.

Merrill.

Facultad de Ingeniería UNAM-INEGI p 651

Física: Conceptos y Aplicaciones

Paul E. Tippens

McGraw-Hill Tercera edición

México, 1988

Norma Oficial Mexicana 001 SEMP

Instituto Politécnico Nacional.

México D.F. 1994.

Manual DICOPEL.

DICOPEL P. 112

México D.F. 1998

ECG Master Replacement Guide

P. 1-117, 1-118, 1-142

Manual de Ingeniería Eléctrica

Donald G. Fink, Donald Christiansen

McGraw-Hill

México, 1992

Bibliografía Web:

[http://www.baja.gob.mx/organizacion/dgi/biblioteca/ci/ci6/art\\_5.htm](http://www.baja.gob.mx/organizacion/dgi/biblioteca/ci/ci6/art_5.htm)

<http://www.tecwaybr.com/prod03.htm>

[http://www.pan-industrial.com.br/ingles/comp\\_varistores.html](http://www.pan-industrial.com.br/ingles/comp_varistores.html)

<http://ficc.uni.edu.pe/cur01/varistores/Varistores.htm>

<http://www.ifent.org/lecciones/varistores/Varistores.htm>

<http://ficc.uni.edu.pe/cur01/varistores/Varistores.htm>

<http://www.elektron.org/magnetis.htm>

<http://www.seguridad-mar.com/4Funcio/42Nav/42inclina/42inclina.htm>

<http://www.seguridad-mar.com/4Funcio/42Nav/42Mag/42mag.htm>

[http://www.ilce.edu.mx:3000/sites/telescc/curso2/htmlb/sec\\_131.html](http://www.ilce.edu.mx:3000/sites/telescc/curso2/htmlb/sec_131.html)

<http://www.igeofcu.unam.mx/editorial/cuadernos/cuader11.html>

<http://ariel.igeofcu.unam.mx/~hdurand/geomagnetismo/index.html>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/elecmagnet.htm>

Bibliografía complementaria:

Subestaciones Eléctricas

Ing. Gilberto Enriquez Harper.

Ed. Harper

México D F. 1971

Growth of "Black Smoker" Bacterias at Temperatures of at Least 250°C:

Baross. J. A. & J.W. Deming.

Natura Vol. 303, p. 423- 426.

1993.

Microbiological Mining.

Vol. 247. No. 2

Brierley, C. L.

1982.

Acid Rain: How great a menace?

National Geografic

1981

The Ocean

National Geografic

Vol 160, N° 6

Rain Forest: Nature's dividling treasures

National Geografic

Vol. 163. N° 1