

La Tabla 8-1 provee las características de C.C. de un alambre de cobre sin aislamiento, a 68 grados Fahrenheit como ayuda para determinar la longitud y el calibre de un conductor de tierra que cumpla con los requisitos de la Figura 8-1.

La resistividad aumentará con el uso de alambre aislado y la impedancia total aumentará en la presencia de un lazo de tierra de C.A. y de sobrecorrientes de alta frecuencia.

Características de un alambre de cobre a 20° C/68°F										
Calibre del Conductor	AWG # 6		AWG # 4		AWG # 3		AWG # 2		AWG # 1	
Resistencia CC	4110/kf	1.348/km	.2548/kf	.8478/kf	.2050/kf	.6726/km	.1625/kf	.5331/km	.1289/kf	.422/km
.005Ω	12'	3m	19'	5m	24'	7m	30'	9m	38'	
.01 Ω	24'	7m	38'	11m	48'	14m	61'	18m	77'	

Características de un alambre de cobre a 20° C/68°F										
Calibre del Conductor	AWG 1/0		AGW 2/0		AGW 3/0		AGW 4/0		MCM 25	
Resistencia CC	.1022/kf	.3353/km	.0802/kf	.2631/kf	.0636/kf	.2087/km	.0505/kf	.1657/km	.0440/kf	.14/km
.005Ω	48'	14m	62'	18m	78'	23m	99'	30m	113'	
.01Ω	97'	29m	124'	38m	157'	47m	198'	60m	227'	

Características de un alambre de cobre a 20° C/68°F										
Calibre del Conductor	AWG 300		AGW 350		AGW 400		AGW 500		MCM 75	
	.0367/kf	.1204/km	.0314/kf	.1030/kf	.0275/kf	.0902/km	.0220/kf	.1657/km	.0147/kf	.04/km
.005Ω	136'	41m	159'	48m	181'	55m	227'	69m	340'	
.01Ω	272'	83m	318'	97m	363'	110m	454'	138m	680'	

Tabla 8-1 Longitud máxima del conductor para cumplir con los objetivos de resistividad del conductor de tierra.

8.2 APLICACIONES ESPECÍFICAS DE LAS TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE CONTINUA

8.2.1 TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA PARA DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS

Las descargas Electrostáticas (ESD), son como un rayo en miniatura. Si dos objetos se encuentran a diferentes potenciales de voltaje, cuando uno se acerca al otro o se tocan se produce una descarga eléctrica la cual equilibra la diferencia de voltaje.

Un operador de una computadora caminando por un piso alfombrado, puede acumular una carga eléctrica de varios miles de volts, diferentes de los del equipo de cómputo. De acuerdo al esquema del código NEC, la referencia del equipo de cómputo es la tierra del edificio. Si se le permite al operador entrar en contacto con el equipo, antes de descargarse a tierra, la energía electrostática será igualada a través del equipo por medio del teclado u otro componente de control. Si la trayectoria de descarga se efectúa a través de los componentes del circuito integrado (IC), el resultado puede variar entre la pérdida de datos o daño físico del circuito integrado.

Antes de permitir que el operador entre en contacto con cualquier equipo, la carga electrostática acumulada en el operador debe igualarse al voltaje de referencia del equipo de la computadora. Esto debe hacerse en el centro o sala de computadoras. Un "Tapete Antiestático" colocado a la entrada del centro o sala de computadoras y conectado a la tierra del edificio por medio del conductor de tierra de seguridad, puede ubicar al operario al mismo potencial de referencia de la computadora.

El operario puede de nuevo acumular cargas eléctricas cuando camine sobre el piso de la sala de la computadora aún si el piso tiene

cubierta de vinilo. Si la sala de computadoras está diseñada correctamente con un piso elevado, los componentes cuadrados del piso son sostenidos por medio de una estructura metálica soportada sobre pedestales metálicos. La estructura o marco metálico y los pedestales deben ser conectados a tierra de acuerdo a la Sección 250-44 (FNP) y la Sección 645-15 del Código NEC que establece **que los metales expuestos deben ser conectados a tierra**. La conexión correcta de las estructuras metálicas ayudará a mantener el voltaje del operario a un potencial de tierra igual al de la computadora mientras él se mueve dentro de la sala de computadoras.

Para asegurar una conexión correcta a tierra, hay que tener cuidado de asegurar que exista un contacto de metal a metal entre cada pedestal metálico y la estructura de soporte del piso y entre la estructura metálica y cada marco metálico que sostiene los cuadrados del piso. La estructura de soporte metálica del piso debe tener como referencia la misma unión neutro-tierra del equipo por medio de una configuración en "estrella". Varios conductores de tierra se conectan a la estructura del piso elevado y son unidos en cierto punto central debajo del piso. Este punto central de unión es conectado a la misma unión neutro-tierra que el equipo.

Una descarga electrostática contiene un gran nivel de ruido de alta frecuencia. Este ruido de alta frecuencia requiere una trayectoria de tierra que proporcione baja impedancia a frecuencias mayores. La utilización de cable de soldadura de múltiples hilos proporciona ésta baja impedancia en un amplio espectro de frecuencias. Estas altas frecuencias -a niveles bajos de megahertz- son conducidas en la superficie exterior de cada hilo del cable en un cable trenzado. El cable de soldadura proporciona cientos de hilos, lo que produce más área de superficie que los típicos conductores de siete hilos y por consiguiente una impedancia mucho más baja a las altísimas frecuencias que ocurren con las descargas ESD.

Considerando lo anterior, los conductores usados en la conexión a tierra en "Estrella" del piso elevado deberían ser Cables de Soldadura. El Cable de Soldadura también debería tenderse desde el punto común de la configuración estrella hasta el punto de unión neutro-tierra de la fuente derivada separadamente de la sala de computadoras.

8.2.1.1 CARGAS TRIBOELÉCTRICAS

Cuando ocurre un movimiento entre dos cuerpos, uno de los cuerpos pierde o gana electrones más fácilmente que el otro, particularmente si no son similares. Efectivamente, los electrones son desplazados o removidos de un cuerpo y transferido al otro. El cuerpo que pierde electrones se carga positivamente mientras que el que gana los electrones adquiere una carga negativa.

La transferencia de electrones se produce rápidamente y disminuye al tiempo que las energías encuentran el punto de equilibrio. El efecto de generación de electricidad estática formada de esta manera es llamado **efecto triboeléctrico**. Cada cuerpo tiene un potencial electrostático que puede ser medido con un voltímetro electrostático. El voltaje generado puede variar entre 100 y 35,000 volts, como se muestra en la Tabla 8-2. Su amplitud depende de:

- la velocidad de movimiento o separación
- los tipos de materiales
- la humedad
- las características de la superficie
- la geometría de la superficie.

Medios de Generación de Estática	Humedad Relativa 10 a 20 %	65 a 90 % Humedad Relativa
Caminando a través de la alfombra	35000	1500
Caminando sobre piso de vinilo	12000	250
Operario en el banco e trabajo	6000	100
Sobres de vinilo para instrucciones	7000	600
Bolsa de poly levantada del banco	20000	1200
Silla de trabajo rellena con poly	18000	1500

Tabla 8-2 Voltajes Electroestáticos Típicos (DOD-HDBK 263)

8.2.1.2 RESISTIVIDAD DE LA SUPERFICIE

La resistividad de la superficie se usa comúnmente como el parámetro de medida de resistencia de los materiales laminados que tienen una superficie delgada conductiva sobre una base de aislamiento. Se usa para definir la resistividad de la superficie de los materiales conductivos tales como materiales higroscópicos, polietilenos antiestáticos, plásticos, y otros materiales de revestimiento conductivo o materiales laminados de aislamiento.

Las capas conductivas de estos materiales usualmente tienen un espesor casi uniforme, como la capa exterior del material higroscópico antiestática. La resistividad de la superficie no cambia efectivamente incrementando o disminuyendo el espesor de la base de aislamiento, si su volumen de resistividad es alto en relación al del material de la superficie conductiva.

De acuerdo a las especificaciones militares, la medición de la resistividad se usa para describir tres tipos de materiales usados para la protección contra las descargas electrostáticas (ESD): conductivos, disipativos y antiestáticos.

Los **materiales conductivos** tienen resistividad de superficie de 10^5 ohms por cm^2 o menor. Los metales, algunos plásticos conductivos

en grueso, materiales impregnados de alambres, y laminados, pueden adherirse a este requisito. Un material grueso conductivo con un volumen de resistividad de 10^4 ohms por cm^2 sería conductivo si su espesor fuera 0.1 cm o mayor. Tal material con un espesor menor de 0.1 cm, sin embargo, sería clasificado como **disipativo de estática**.

Los materiales **disipativos de estática** tienen resistividades de superficie mayores a 10^5 pero menor de 10^9 ohms por cm^2 . Algunos materiales normalmente considerados como conductivos pueden fabricarse muy delgados y tener resistividad entre 10^5 y 10^9 ohms por cm^2 , ubicándolos en una categoría **disipativa**.

Los materiales antiestática tienen resistividades de superficie iguales o mayores de 10^9 pero menores de 10^{14} ohms por cm^2 . (Algunas autoridades especifican un límite máximo de 10^{13}). Estos materiales incluyen materiales higroscópicos antiestática tal como algunos laminados melamínicos, plásticos gruesos de alta resistencia, madera y productos de papel, y películas delgadas, de materiales de disipación estática o materiales conductivos. En muchos materiales antiestáticos, son añadidos agentes higroscópicos (absorbedores de agua) al plástico durante su fabricación. Estos agentes constantemente emigran hacia la superficie donde atraen la humedad atmosférica. La capa resultante de agua forma una superficie conductora la cual disipa las cargas estáticas.

8.2.1.3 CONSIDERACIONES DE MANUFACTURA

En plásticos conductivos, se añade una mezcla de polvos de carbón -los cuales son conductores- para producir un material de conductividad eléctrica. Para producir una trayectoria conductiva efectiva a tierra, puede ser necesario añadir hasta un 40% por volumen

de carbón al plástico. Sin embargo desafortunadamente, éste proceso puede debilitar mecánicamente el plástico, permitiendo rasgaduras y perforaciones muy fácilmente.

Otra técnica para bajar la resistividad de los materiales plásticos es añadir fibras metálicas, formando plásticos metálicos. Por medio de un proceso patentado llamado Cross Link™, se han logrado resistividades tan bajas como 0.001 ohms por cm² para tales plásticos. Con el proceso Cross Link™ es teóricamente posible hacer cualquier plástico conductor por porcentajes tan pequeños como el 1% de fibras, por volumen.

Otra técnica para obtener disipación estática es usada en los materiales Benstatm. En estos materiales las adiciones de químicos es de solamente un 10% del material. Se ha reportado que este aditivo, está químicamente unido a la estructura molecular de la base de polímeros para producir una trayectoria iónica a través del volumen total del material. Tales materiales se consideran permanentemente antiestáticos y no dependen de la humedad para la conductividad.

8.2.1.4 DESCARGA Y DECAIMIENTO

Al generarse una carga, su distribución depende de la resistividad y el área de superficie del material. Esto es, mientras más conductor sea el material, la carga se distribuirá más rápido. Mientras más extensa sea la superficie por donde la carga se desplaza, menor será la densidad de carga y el nivel de voltaje residual. En contraste con los aislantes, no pueden existir cargas localizadas en los conductores. Debido a este efecto, los cuerpos y materiales conductivos, son usados como control de las descargas electrostáticas. Pero existe una limitación distintiva con tales materiales.

Si, por ejemplo, un circuito encapsulado o semiconductor se acerca a un objeto altamente conductor, por ejemplo una caja para

llevar herramientas o mostrador de mesa, se puede generar una chispa y una descarga de corriente. Cuando esto ocurre, cualquier semiconductor en la trayectoria de descarga puede sufrir daño. Para prevenir esto, la caja para cargar herramientas o componentes o el mostrador de mesa, deben hacerse suficientemente conductivos para que los voltajes significativos no sean inducidos a través de esta caja o el mostrador de mesa, pero no tan conductivos que la descarga ocurra rápidamente. Cuando un objeto con una carga electrostática se coloca en una superficie estática disipativa o superficie conductiva, la carga se disipa gradualmente o decae. Aunque este decaimiento pueda aparecer instantáneo, puede tomar desde varias centésimas de segundo hasta varios segundos.

El tiempo de decaimiento es generalmente medido cargando una sección del material con un voltaje de estática y midiendo el tiempo que tome el voltaje en decaer a cierto nivel dado, como por ejemplo 10% de su valor original. La asociación de Industrias Electrónicas (EIA) especifica que las bolsas y estuches para transportar componentes sensibles a cargas electrostáticas deben tener un tiempo de decaimiento electrostático no superior a 2.0 segundos cuando se miden ambos y cuando se aplica una carga positiva y negativa de 5,000 volts, disipándola a 50 volts después de que el material es conectado a tierra. En general, el tiempo de decaimiento está relacionado con la conductividad.

8.2.1.5 EL CUERPO HUMANO COMO CONDUCTOR A TIERRA

El cuerpo humano puede ser un conductor a tierra, aunque no muy bueno. La resistencia del cuerpo humano puede variar de 100 a 100,000 ohms, dependiendo del grado de humedad, sal y aceites en la superficie de la piel, área de contacto de la piel y la presión. Típicamente consiste entre 1,000 y 5,000 ohms para acciones consideradas como

relacionadas con el contacto con partes o recipientes tales como el sostenimiento de una taza con el pulgar y el índice, apretar las manos o tocar la palma de la mano. Un valor de 1,500 ohms provee un valor razonablemente bajo de valor de resistividad humana. Este valor ha sido escogido para representar el cuerpo humano en pruebas estándares de circuitos.

Debido a que el cuerpo humano puede tener baja resistencia, algunos voltajes comunes presentes en algunos ensamblajes y procedimientos de prueba pueden ser letales si una persona toca accidentalmente un circuito eléctrico energizado y tierra al mismo tiempo. Para minimizar tales riesgos es una práctica común utilizar **tierras suaves** en las estaciones de trabajo protegidas contra cargas electrostáticas.

Un piso suave es una conexión a tierra por medio de una resistencia suficientemente alta que limite el flujo de corriente a un nivel sin peligro para el personal, normalmente 5 miliamperes. El valor de la resistencia depende del nivel de voltaje al cual el personal conectado a tierra, puede entrar en contacto. La aplicación más común de tierra suave, consiste en una resistencia puesta en serie con una banda en la muñeca (muñequera) del usuario, y con la conexión de tierra.

El simulador especificado por el manual DOD Handbook 263, proporciona el valor de capacitancia como $100 \text{ pF} \pm 5\%$, la fuente de resistencia del cuerpo como no inductiva $1.5 \text{ kilohms} \pm 5\%$, y el voltaje alto como variable entre 0 y 15,000 volts de C.C.. La forma de la onda de la descarga estática producida por tal simulador se muestra en la Figura 8.6.

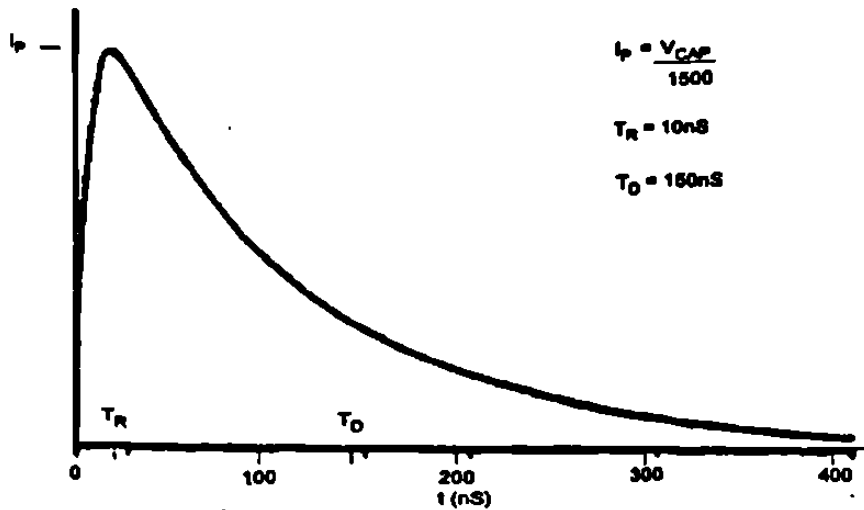


Figura 8.6 Forma de Onda de una Corriente de Cortocircuito de Descarga Estática

8.2.1.6 CONTROL DE HUMEDAD

A niveles altos de humedad, se forma sobre la superficie del objeto una película delgada de agua. Esta película de superficie provee una trayectoria conductiva para cualquier carga que pueda existir o sea generada sobre la superficie, por esto, disipa cualquier carga electrostática. Además, la humedad en el aire tiende a neutralizar las cargas de superficie. También, la humedad en el aire añade lubricidad para prevenir las cargas de fricción. En general, cuanto menor es la humedad, mayor será el potencial electrostático, como se muestra en la Tabla 8-2

Por esta razón, uno de los métodos para combatir las cargas electrostáticas es añadir humedad al aire. Cuanto más humedad se añada, las cargas electrostáticas se disiparán con mayor facilidad. Pero, aún a los más altos niveles, los voltajes electrostáticos significativos no pueden ser eliminados. También, a niveles altos de humedad, los operarios se pueden sentir incómodos, algunas partes de los equipos se pueden corroer, se pueden formar trayectorias de corrientes de fuga, las tarjetas de circuitos impresos se pueden deslaminar mientras se sueldan y puede haber crecimiento de algas.

El nivel óptimo de humedad relativa, en áreas de protección contra descargas electrostáticas -considerando los factores expuestos anteriormente-, ha sido especificado como de 50 % a 60 %. En ciertos climas en ciertas temporadas del año puede ser difícil y aún caro obtener un nivel del 60%. En tales casos, los IONIZADORES DE AIRE ofrecen un sustituto efectivo o un suplemento para la disipación de las descargas electrostáticas.

8.2.1.7 SUPERFICIES DE TRABAJO

Las superficies de trabajo como la superficie del mostrador del banco de trabajo que entra en contacto con objetos y personal deben ser protegidas contra descargas electrostáticas en el área donde pueden ser colocados los objetos sensibles a estas descargas. Estas estaciones de trabajo protegidas son una importante defensa contra los daños causados por descargas electrostáticas. El objetivo de tales superficies es drenar las cargas estáticas de cualquier conductor que se coloquen encima de ellas; los no conductores, por supuesto, no serán neutralizados por tales superficies. La descarga debería suceder rápidamente para prevenir daños pero debería ser lo suficientemente espaciosa para prevenir un arco de descarga el cual también puede causar daño.

Se utilizan tres categorías de materiales para estas superficies: conductivos, disipativos de estática y antiestáticos.

Estas categorías son basadas en la definición de resistividad contenida en el manual DOD Handbook 263: Conductiva, menor de 10^5 ohms por cm^2 ; Estática Disipativa, entre 10^5 y 10^9 ohms por cm^2 ; y Antiestática, entre 10^9 y 10^{14} ohms por cm^2 .

El Centro de Análisis de Confiabilidad en los EE. UU. ha concluido que los materiales disipativos de estática son ideales porque los mostradores antiestáticos de las mesas toman demasiado tiempo para

disipar una carga estática y las mesas con superficies conductoras disipan las cargas estáticas demasiado rápido.

Las bandas atadas a las muñecas del personal (muñequeras) deben ser usadas con los bancos de trabajo protegidos para prevenir que el personal se descargue por medio de un objeto electrostático a la superficie del banco de trabajo. Las superficies de trabajo deben ser conectadas a la tierra suave, esto es, por medio de una conexión a tierra que esté en serie con una resistencia especificada. Esta resistencia debería estar ubicada en el punto de contacto o cerca de la superficie del banco de trabajo. Debería ser lo suficientemente grande para limitar cualquier corriente de fuga de igual o menor de 5 miliamperes, teniendo en consideración, la fuente de voltaje más alto que esté al alcance de los operarios conectados a tierra y todas las resistencias paralelas a tierra, tales como las bandas de las muñecas, las superficies de los bancos de trabajo y los pisos conductoras. Típicamente, esta resistencia es de 1 megaohm.

Pueden recomendarse protecciones menores de 5 miliamperes donde una acción reflectiva puede causar problemas. La Figura 8.7 muestra un banco típico de trabajo conectado a tierra para las descargas electrostáticas.

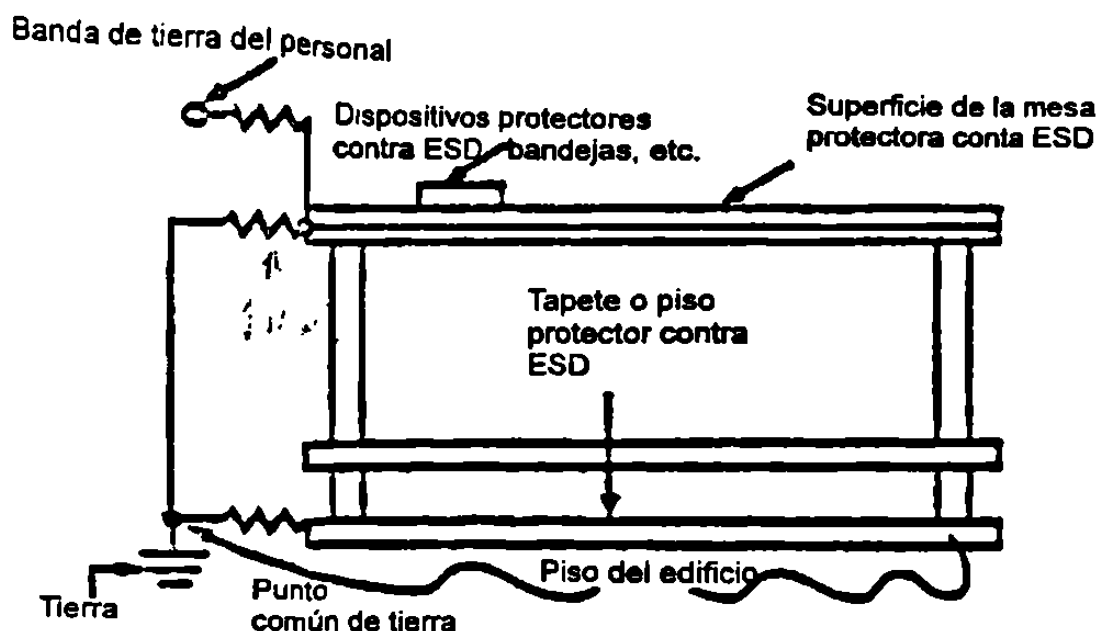


Figura 8.7 Típico Banco de Trabajo conectado a tierra para las Descargas Electroestáticas (DOD-HDBK263)

8.2.1.8 PISOS PROTEGIDOS CONTRA LAS DESCARGAS ELECTROSTÁTICAS

Casi cualquier tipo de piso, ya sea pintado o concreto sellado, con acabado de madera, de vinilo o alfombrado, puede ser el causante de problemas de descargas electrostáticas. Por consiguiente, si se quiere alcanzar una protección completa, los pisos deben ser cubiertos con cobertores de protección contra las descargas electrostáticas, los tapetes deben ser tratados con un agente tóxico antiestática.

También existen pisos protectores conductivos, disipativos de estática o de materiales antiestáticos. Estos materiales son disponibles en forma de tapetes, baldosas de vinilo y otras formas. Las baldosas de vinilo conductivas han sido usadas por mucho tiempo en los cuartos de cirugía en los hospitales para prevenir explosiones que pueden ser causadas por las descargas electrostáticas. Esta baldosa es diseñada para conducir cargas a tierra y de baldosa a baldosa. Pueden ser

aplicados o pintados acabados conductivos para el piso para proveer protección contra las descargas electrostáticas. Debido al tráfico de personas y de otros equipos que se movilizan sobre el piso, estos acabados deben ser aplicados periódicamente. Cualquiera que sea la protección usada, estos pisos protegidos no deben ser encerados, ya que la acumulación de cera reduce la conductividad.

Una desventaja de los tapetes para el piso es el peligro de tropiezos para el personal, al ser movidos y no colocados debidamente de nuevo después de limpiar el piso. De la misma forma que los protectores de las superficies del banco de trabajo, los tapetes y pisos conductivos deben tener una resistencia limitadora de corriente, en el cable de tierra. Cuando se utilizan los pisos conductivos o tapetes, el personal debe usar zapatos conductivos, cobertores de zapatos o zapatos con tacones con conductores de tierra, ya que los zapatos de uso regular pueden tener una conductividad inadecuada. Estos deben mantenerse limpios. Si se contaminan con polvo o químicos, pierden la conductividad interactiva con el piso. Por razones de seguridad no deben ser usados fuera del área de protección contra las descargas electrostáticas.

Los asientos de trabajo conductivos son necesarios junto con el piso de protección, ya que un operario sentado junto al banco de trabajo puede levantar los pies del piso y colocarlos sobre alguna parte del asiento. Si este asiento no estuviera conectado a tierra, los beneficios de protección del piso se perderían.

8.2.1.9 AGENTES TÓPICOS CONTRA ESTÁTICA

Los agentes tópicos contra estática, son químicos, los cuales al ser aplicados a la superficie del material aislante, reduce su habilidad para generar estática. Esto se logra de dos maneras diferentes.

Primero, estos agentes aumentan la superficie con propiedades lubricantes, y así reducen el coeficiente de fricción del material. Con menos fricción de superficie, se reduce la carga de corrientes Triboeléctricas. Además, los agentes tópicos contra estática aumentan la conductividad de la superficie lo que produce como resultado que las cargas se drenen.

Los agentes tópicos contra estática se aplican por medio de una brocha, atomizador, rodillo o ya sea mojando, limpiando y trapeando. Estos pueden ser aplicados a los pisos, las alfombras, tapetes, la superficie de los banquillos de trabajo, bandejas de componentes, portadores de partes, sillas, paredes, cielos rasos, herramientas, papel, plásticos y ropa para darles un grado de protección contra las descargas electrostáticas. Después de este tratamiento un objeto regularmente no necesita conexión a tierra.

Al seleccionar un agente contra estática, se deben tener en cuenta numerosas características además de sus propiedades antiestáticas, como:

- Habilidad para inhibir el crecimiento de algas
- Carencia de toxicidad
- Carencia de corrosividad
- Carencia de flamabilidad
- Que no irrite al personal
- Que no manche
- Que no genere partículas.

Algunos factores adicionales y sugeridos por el Centro de Análisis de Confiabilidad son:

- Longevidad y características de uso
- Comportamiento de decaimiento y su control
- Facilidad de aplicación
- Desempeño compatible con sus materiales.

8.2.2 TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA PARA INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI) Y DE RADIOFRECUENCIA (RFI)

Los procesadores usados en computadoras modernas y equipos computarizados operan a frecuencias de reloj, en un rango de 5 megahertz a frecuencias mayores de 60 megahertz. Este es el rango de la banda de los 10 metros de los Radio Aficionados y la banda de radio CB. En este rango de frecuencias, el alambrado de control se convierte en un circuito de radio. En lugar de transportar únicamente señales de control, el alambrado puede exhibir resonancia, acople capacitivo e inductivo y por consiguiente efecto pelicular o de superficie. La resonancia ocurre cuando la longitud de los cables son iguales a la longitud de onda y son más fuertes en múltiplos de un cuarto ($\frac{1}{4}$) de longitud de onda. Debido a la propagación en el cable, una señal de 10 megahertz con una longitud de onda de $\frac{1}{4}$ de espacio libre de 25 pies puede resonar en un cable de 18 a 20 pies de longitud. En los rangos de frecuencias altas la corriente de señal fluye cerca de la superficie de un conductor en lugar que en la sección transversal del conductor. Por ejemplo, a 10 megahertz la corriente fluye las 0.0026 pulgadas de la superficie del cable. Esto reduce la sección transversal efectiva del cable y por consiguiente aumenta la resistencia al flujo de corriente. Cada cable se convierte ahora en una antena potencial transmisora o una antena receptora si su longitud es cerca de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda de reloj o frecuencias de datos. Este fenómeno es conocido como "Efecto Pelicular".

El reloj y las frecuencias de datos de un sistema, cuando son transmitidas por el aire, se pueden convertir en ruido eléctrico para otro sistema, que inadvertidamente las reciba. Este ruido eléctrico en la fuente de energía de los equipos electrónicos basados en microprocesadores, puede causar malfuncionamiento momentáneo y

sostenido, pérdida de memoria, y aun degradación o destrucción de los componentes electrónicos. Los circuitos víctima pueden recibir el "ruido" en el modo normal o en el modo común o ambos.

8.2.2.1 ACOPLAMIENTO INDUCTIVO

El acoplamiento inductivo o magnético es un fenómeno de lazo cerrado a lazo cerrado el cual puede ser reducido reorientando los alambres o reduciendo el área que contiene el lazo cerrado.

El acople capacitivo se reduce por medio de una protección de blindaje. Este blindaje cubre el procesador, el equipo y las líneas de datos. El blindaje se conecta a tierra o es conectado para proveer la trayectoria más corta para el retorno de la señal a la fuente o punto de origen.

Cuando la energía que irradia de un cable retorna a través de un circuito víctima, la señal resultante se convierte en ruido indeseable. Aunque las Interferencias de Radiofrecuencias de altos niveles pueden afectar adversamente la mayoría de los circuitos electrónicos, entre los más susceptibles están los circuitos que posicionan los impulsores de discos y los mecanismos de los dispositivos de dibujo. Un voltaje de nivel tan pequeño como de 1.0 volt/metro puede ser dañino para este equipo. La sensibilidad requerida para estos circuitos los hace susceptibles a niveles extremadamente bajos de interferencias a menos que estén adecuadamente blindados. Debido a la necesidad de instrumentación esencial para detectar radiación electromagnética y su posible presencia en prácticamente cualquier lugar o ambiente, es imperativo que sean publicadas por el fabricante las especificaciones de susceptibilidad a las interferencias de radiofrecuencia para todos los equipos EDP y que sea incluido un estudio sobre las interferencias de radiofrecuencias en la preparación de reconocimiento para los sitios propuestos para el sistema.

8.2.2.2 MALLA DE REFERENCIA PARA SEÑALES

Si se proporciona una trayectoria de baja impedancia para la energía de las radiofrecuencias parásitas se puede aliviar la mayor parte del problema del ruido potencial en las instalaciones modernas de computadoras. Tal trayectoria se puede proporcionar por medio de la instalación de una malla o rejilla de referencia de señal (SRG). Una malla de referencia de señal puede proveer la trayectoria de baja impedancia para las frecuencias de 60 hertz o menores hasta las de nivel de radiofrecuencias (RF) para asegurar que todo el equipo conectado y sus cubiertas se encuentran a un mismo potencial. La malla SRG actúa como un blindaje que evita la interacción del equipo. La conexión adecuada a tierra para los sistemas de potencia de las computadoras y para el equipo computarizado, requiere no solo una tierra para el equipo sino también la MALLA DE REFERENCIA DE SEÑAL.

El sistema a tierra estará compuesto de:

- Malla de señales de referencia
- Bandas sujetadoras trenzadas de baja impedancia para el equipo
- Placa de supresión de transitorios (TSP)
- Conductores de unión de cobre, sin aislamiento (Figura 8.8)

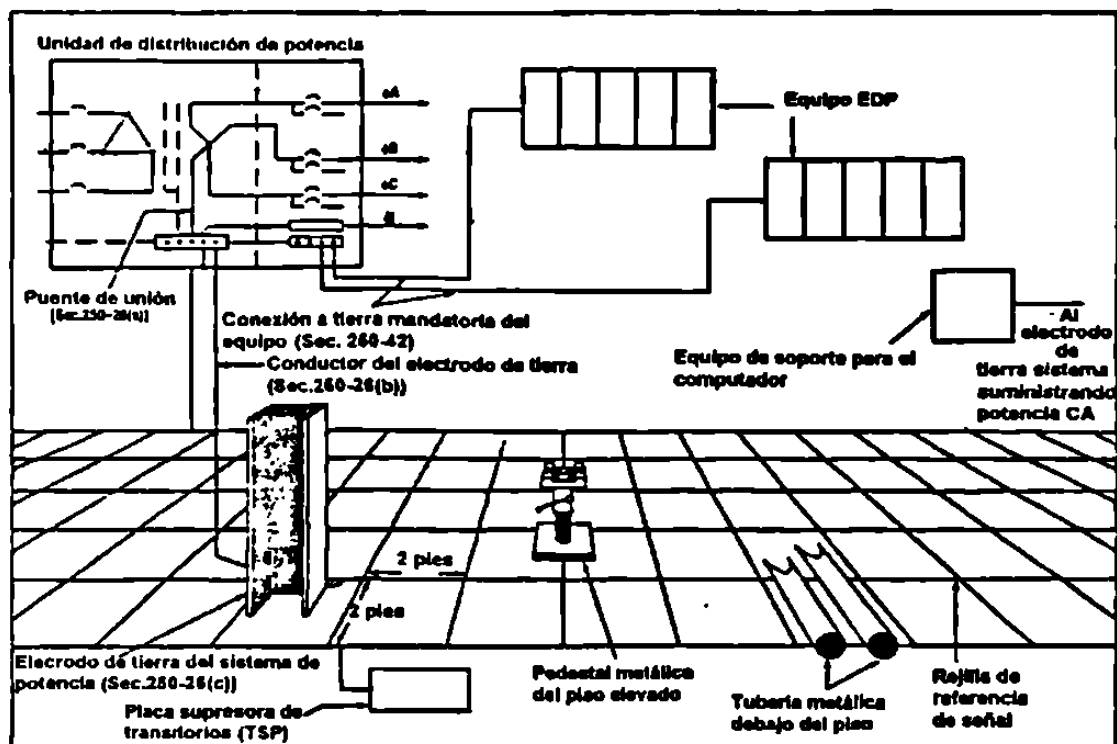


Figura 8.8 Malla de Referencia de Señal

Algunas investigaciones hechas sobre líneas de transmisión han determinado empíricamente que las ondas estacionarias no causan una significativa diferencia de voltaje entre los dos extremos de un conductor si la longitud del conductor no es más del 5 a 10% la longitud de la onda. La longitud de onda de una señal de 30 megahertz es 32.8 pies.

La longitud de onda en pies es igual a 984 dividido por la frecuencia en megahertz ($L=984/F$).

Una malla de señal de referencia SRG, compuesta de 2 pies cuadrados creará una multitud de trayectorias de flujo de baja impedancia con diferencias de potencial despreciables entre cualquiera de dos puntos sobre la malla. El resultado es una referencia efectiva equipotencial entre cualquiera de dos puntos sobre la malla para señales desde CC hasta 30 Mhz. Esta rejilla es conectada al sistema de tierra del equipo (NEC) como se muestra en la Figura 8.8

Para formar la red de sistemas a tierra para mallas o rejillas de señal de referencia se usan: lámina de metal, pisos de acero, los

travesaños metálicos de los pisos levantados celulares, las barras de refuerzo y otros componentes estructurales de acero del edificio. Cuando estos elementos están presentes, todos ellos se unen para formar el sistema de referencia de tierra o parte del sistema de electrodo de tierra de acuerdo al código NEC.

El acero, sin embargo, tiene valores de resistencia mayores que los del cobre y produce potenciales más altos entre los puntos de unión que una malla o rejilla hecha de cobre.

Una malla de cobre puede ser construída debajo del piso elevado del centro de computadoras, interconectando conductores de cobre sin aislamiento para formar una malla de 2 pies cuadrados. Todos los puntos de interconexión deben soldarse conjuntamente. Se puede disponer de Rejillas prefabricadas que consisten de tiras planas de cobre de 2 pulgadas de ancho, de calibre Num 26 AWG , configuradas para formar cuadrados de 2 pies. Los puntos de unión de la intersección de estas tiras se sueldan a distancias de centro a centro de 2 pies. Las conexiones soldadas proveen integridad y un sistema libre de ruido el cual no puede ser comprometido tan fácilmente como las conexiones mecánicas. Las rejillas o mallas prefabricadas en rollos de 12 pies de ancho y de hasta 100 pies de longitud.

La malla debe instalarse a lo largo y lo ancho del centro de la computadora y debe estar situada directamente debajo del piso. Cuando se usan las mallas prefabricadas, y un rollo se coloca junto a otro, los extremos deben montarse el uno sobre el otro y deben soldarse a intervalos de dos pies. Las coberturas del equipo electrónico procesador de datos (EDP), son conectadas a la malla por medio de tirantes corrugados de conductor de cobre de longitudes iguales o menores de 2 pies. Todos los objetos metálicos debajo del piso elevado, tales como los conductos, tuberías, ductos, columnas de acero y otros, deben unirse a la malla usando conductores de unión, Num 6 AWG de cobre o conductores más grandes multifilares, de longitudes iguales o menores a

2 pies. Los pedestales que proveen soporte al piso elevado también son unidos a la malla.

La "Lámina de Supresión de Transitorios" (TSP) como se ilustra en la Figura 8.8 se usa debajo de los tableros de los paneles de distribución y la entrada de las cajas de empalmes de la Unidad de Distribución de Potencia (PDU) ubicadas en el espacio debajo del piso elevado. La lámina TSP se usa para prevenir que las corrientes de ruidos en las barras de refuerzo de concreto sean inducidas dentro de los cables de datos debajo del piso.

8.2.2.3 EFECTO PELICULAR

La corriente que fluye en un conductor origina un campo magnético. Este campo magnético causa un flujo de corriente que varía en función de la frecuencia. La corriente tiene la tendencia a fluir en la superficie del conductor y de ahí se crea el efecto pelicular o de superficie. Para un cable sólido, redondo, de cobre, la resistencia efectiva puede ser expresada como el producto de una constante y la resistencia a CC es:

$$R_{ac} = k\sqrt{f R_{cc}} \quad (1)$$

Donde f es la frecuencia en megahertz y k tiene los valores de varios conductores como se muestra en la Tabla 8-3.

De esta manera, a 1 megahertz, un cable "1/0" AWG es similar a un cable Num 19 de CC:

$$R_{ac} = (88) \sqrt{1(0.0925)} = 8.46 \text{ ohms}$$

Tamaño del alambre	Valor k	R _{dc} Por 1000
No. 22	6.86	16.2
18	10.90	6.39
14	17.60	2.52
10	27.60	0.9988
8	34.80	0.6281
6	47.90	0.3925
4	55.50	0.3925
2	69.80	0.1563
0	88.00	0.09825
00	99.00	0.07793
0000	124.50	0.04901

Tabla 8-3 Valores de k para el cálculo del "Efecto Pelicular"

8.2.2.4 IMPEDANCIA DE LOS CONDUCTORES REDONDOS

Es interesante describir la inductancia de un segmento de conductor recto. -La inductancia solo tiene significado para un circuito cerrado, pero la contribución de cada segmento puede ser considerada separadamente-. Una primera aproximación -en microhenrys- para la inductancia de un conductor largo a altas frecuencias es:

$$L = 0.0051 l [2.301 \log_{10} (4 l / d) - 1] \quad (2)$$

"l" es la longitud del conductor en pies y *d* es el diámetro en pulgadas.

Para 1000 pies de cable Num. 2 esto es aproximadamente 572 microhenrys. A 69 hertz esto es 219 miliohms. La resistencia del cable Num. 2 es de 156 millohms/1000 pies.

La inductancia L en (2) y el diámetro del conductor están relacionados logarítmicamente. Por esta razón no son fácilmente obtenidos valores bajos de inductancia añadiendo cobre al corte

seccional. De hecho, aún para conductores de gran corte seccional, el componente reactivo de la impedancia domina por encima de varios cientos de ciclos.

Numero de calibre Del alambre	Diámetro Pulgadas	Milliohms por 1000 pies	Inductancia/1000 pies Micrihenries
0000	0.460	49.0	540
00	0.364	77.9	
0	0.0325	98.3	
2	0.258	156	572
4	0.204	248	
8	0.128	628	
10	0.101	999	616
14	0.068	2525	
18	0.040	6385	
22	0.025	16140	636

Tabla 8-4 Características de conductores para 1000 pies de longitud

Entonces parece como impráctico "acortar conjuntamente" dos puntos remotos conectándolos con conductores de cobre. Tal conexión proporciona una trayectoria por donde muchos amperes fluyen y donde la impedancia soporta una diferencia de potencial significativa a altas frecuencias. La Tabla 8-4 provee un rango de tamaños de conductores, sus resistencias e inductancias para 1000 pies de longitud.

8.2.2.5 UNIÓN PERMANENTE

La ley de Ohm puede causar algunas sorpresas a altas frecuencias y altas corrientes.

¿Qué valor de inductancia es similar al de 10 ohms a 100 megahertz?. La respuesta es 0.01 microhenrys. Esto representa una pulgada de alambre de cobre.

Consideremos un pulso de rayo de 10,000 amperes con un microsegundo de tiempo de elevación. ¿Qué inductancia permite una caída de voltaje de 1000 volts? La respuesta es 0.1 microhenrys o aproximadamente un cuarto de arrollamiento con un radio de 1 pie.

De acuerdo a la ecuación (2) la autoinductancia para 30 pies de alambre Num. 6 es de 14.9 microhenrys y para la misma longitud de un calibre de 2/0 AWG es de 13.4 microhenrys. El cálculo del voltaje momentáneo que se desarrollará a través de un conductor se deduce por medio de la siguiente relación diferencial.

$$-e = L di/dt \quad (3)$$

Donde:

e= voltaje

L= inductancia (henrys)

di= variación en la corriente (amperes)

dt=variación en el tiempo (segundos)

Si se supone una sobrecorriente de 2000 amperes pico con un tiempo de elevaciones de 10 microsegundos a través de 30 pies de alambres Num 6 y Num 2/0, el sobrevoltaje transitorio desarrollado a través de los alambres puede ser:

$$-e (\#6) = (0.0000149) (2000) / (0.00001) = 2980 \text{ volts}$$

$$-e (2/0) = (0.0000134) (2000) / (0.00001) = 2680 \text{ volts}$$

La baja impedancia provista a altas frecuencias por una superficie metálica, ha sido discutida anteriormente. Esta impedancia implica que el flujo de corriente es uniforme a través de dicha superficie. El valor de la impedancia es independiente del cuadrado que se está considerando. Consideremos dos cuadrados en serie. En este caso la caída de voltaje

se doblaría. Si dos o más cuadrados fueran conectados en paralelo a esta configuración la resistencia se reduciría a la mitad y el valor original haría lo mismo. Esto es, la medida de la resistencia es independiente del tamaño del cuadrado en consideración.

El problema de conexiones de baja impedancia no es un cuestión de área de superficie sino de punto de contacto. Cuando el flujo de corriente es forzado a una área de reducción en el punto de contacto, el campo magnético resultante debe almacenar más energía, lo que es en efecto una mayor inductancia. El área de superficie presente y no usada para el flujo de corriente no puede contribuir a la conductancia. Este proceso de reducción en el punto de contacto no está limitado a planos de tierra pero puede ser encontrado en cualquier conexión de metal a metal. Ejemplos de esta acción se pueden encontrar en las conexiones de sujeción a tierra con bandas, ductos remachados conjuntamente, terminaciones de cable, partes sujetadas con tornillos, o cualquier parte donde haya una conexión eléctrica. Este proceso de reducción se reduce cuando el área de contacto es aumentada. Este es el principio básico de las uniones de sujeción con banda correctas, de los conectores "backshell" y conexiones a los pisos de las computadoras.

Todas estas aplicaciones necesitan una buena conexión de inducción baja para que puedan ser efectivas.

Se logran uniones excelentes mediante soldaduras exotérmicas donde sea permitido por los códigos locales. La conexión resultante debe recibir tratamiento para evitar oxidación.. Las soldaduras a las estructuras de acero del edificio deben ser hechas de tal manera que la resistencia mecánica del edificio no se vea comprometida. Las bandas de unión requieren un área grande de contacto que esté libre de pintura u oxidación. El contacto debe ser mantenido bajo presión para prevenir aflojamiento y después oxidación. Esto implica el uso correcto del herraje mecánico y selladores. Una buena sujeción con banda se

compromete si la longitud de la banda de unión es excesiva o si el conductor tiene curvas cerradas. Ambas prácticas añaden inductancia lo que causa que las conexiones no sean efectivas a altas frecuencias.

Esto supone que el cuadrado es mucho menor que la mitad de una longitud de onda.

8.2.2.6 BLINDAJE O APANTALLAMIENTO

Los métodos seleccionados para eliminar los problemas de interferencias de radiofrecuencias dependerán de las características físicas del sitio lo mismo que de la magnitud del campo presente.

Algunos problemas de interferencia pueden ser corregidos simplemente haciendo conexiones a tierra separadas a la estructura o armadura del equipo afectado o trasladando el equipo a otra sala. Casos mas serios pueden requerir la compra o construcción de una cubierta apantallada incorporando potencia filtrada y ventilación blindada.

Una vez que los patrones de radiación y sus niveles sean determinados, se permite alguna experimentación para determinar la acción requerida para hacer correcciones. El papel de aluminio casero puede ser fijado temporalmente a la superficie de las paredes, puertas, ventanas o gabinetes y se hacen nuevas mediciones de la magnitud del campo en los mismos puntos para determinar la efectividad del blindaje parcial. El papel de aluminio es aproximadamente 1.5 milésimas de pulgada de espesor y debería de proveer de 20 a 40 decibeles de atenuación a 100 Mhz para la cubierta total.

Un cartón lo suficientemente grande para encerrar el Sensor del Campo E, puede utilizarse para determinar la efectividad del blindaje. Ubique el sensor en el cartón y cubra un lado con el papel aluminio sujetado con cinta adhesiva para mantenerlo en su lugar. Gire el cartón

mientras observa el medidor para determinar si un blindaje en una sola pared es suficiente. Cubra el resto de las paredes con cartón, de una en una, y observe el efecto sobre la magnitud del campo al tiempo que cada lado sea cubierto. Cuando el último lado del cartón sea cubierto, puede ser cortada una pequeña rendija en el papel de aluminio para que permita la lectura del medidor.

En la mayoría de los casos, se recomienda que todas las paredes, cielos rasos, pisos, puertas y ventanas sean blindadas. El material de blindaje debe ser unido permanentemente en las costuras para asegurar efectividad máxima del blindaje. El material de blindaje debe entonces ser conectado a una buena conexión de tierra.

Este tratamiento puede proveer hasta 80 decibeles de atenuación a 100 Mhz, si se proporciona blindaje a conductor de ventilación y escalamiento de puerta. Una atenuación de 80 db reducirá la magnitud del campo a un diez milésimo del nivel anterior.

EJEMPLO

Con el propósito de ilustrar la técnica efectiva de unión e instalación, describiremos una simple instalación **de una sala de 20 pies por 20 pies**. La sala o recámara del ejemplo tiene una puerta de entrada y no tiene ventanas. Se supone que no se requieren filtros para la alimentación de potencia y blindaje para la ventilación.

Los materiales que se van a usar son Papel metálico de pared marca Eccoshield, WP-2AL y un adhesivo epoxico fabricado por Emerson & Cumming, Inc., cuya marca es Eccobond.

El papel metálico descrito anteriormente es un papel de pared de un espesor de una milésima y se vende en rollos de 30 pulgadas de anchura.

El papel aluminio se aplica a las superficies interiores de las paredes, cielo raso y piso utilizando el adhesivo Eccobond. Todas las costuras se superponen 2 pulgadas y se adhieren usando la cinta de presión sensitiva Eccoshield PST. Las uniones pegadas con cinta son

comprimidas usando un rodillo de madera o de goma. Métodos alternativos de tratamiento para las costuras incluyen el doblar de las orillas y su costura con una engrapadora, o doblando las uniones y sellándolas con un material conductivo tal como el de marca Eccoshield.

Una vez que el blindaje es aplicado a todas las superficies, las paredes y el cielo raso pueden ser cubiertos con papeles de pared decorativos y enchapes de madera. El piso blindado debería ser cubierto con lámina de madera contrachapada las cuales pueden ser revestidas con cualquier material aceptable tal como baldosas o láminas de vinilo.

Si es necesario, la puerta puede ser reemplazada con una puerta blindada aceptable y con un marco de empaque conductivo o un empaque blindado transferido de la puerta y marco existentes. En la mayoría de los casos, es suficiente con tan solo cubrir la puerta existente con papel aluminio protector y proporcionar una orilla de acabado para prevenir desgarramiento.

Los problemas de interferencia de radiofrecuencias son resueltos primariamente con el blindaje de Faraday y una ventana especial de vidrio como la que se usa en los hornos microondas.

Cuando es requerido un blindaje para toda la recamara, se corre un alambre de cobre desnudo, #12 AWG, alrededor de la parte inferior del blindaje, se suelda al blindaje, se sueldan todas las partes del blindaje y se establece el nivel de referencia del blindaje a la tierra del transformador (X_0). El máximo permitido en lectura de la interferencia de radiofrecuencias, de medio ($\frac{1}{2}$) volt por metro a un (1) volt por metro.

Nunca ubique equipo electrónico a distancias menores de 3 pies de las lámparas fluorescentes debido a la RFI de las lámparas.

8.2.3 CONEXIÓN A TIERRA PARA LÍNEAS DE DATOS E INSTRUMENTACIÓN

Las cubiertas metálicas conectadas a tierra, conductos eléctricos, y el alambre flexible o láminas de aluminio trenzadas que rodean los conductores y el equipo electrónico, los blindan contra los campos eléctricos externos tales como interferencias electromagnéticas (EMI) e interferencias de radiofrecuencias (RFI). La efectividad de este blindaje varía con la frecuencia, el espesor y conductividad del metal y por sobre todo la geometría del sistema. Los cables blindados pueden ser de alambres múltiples y pueden ser corridos como pares balanceados o como un excitador asimétrico de señal de referencia común de tierra.

El blindaje actúa como terminal para el acoplamiento electrostático de un cuerpo conductor con otro donde existen potenciales diferentes. Cuando este blindaje se coloca entre el cuerpo externo y los circuitos que protege, las corrientes inducidas mediante capacitancias parásitas en el blindaje, fluyen en el blindaje y no en los circuitos a los cuales protege. Esto es bastante efectivo a frecuencias bajas e intermedias.

A frecuencias altas donde el blindaje mismo puede entrar en resonancia o donde algunas aperturas en la cubierta o en el blindaje puedan admitir longitud de onda más corta, el problema de interferencia requiere un especial tratamiento. Un transitorio que alcanza su valor pico en un microsegundo contiene componentes de alta frecuencia iguales o superiores a 250 Khz.

Los campos electromagnéticos que alternan, inducen corrientes en cualquier material conductor.

La corriente inducida es creada de tal forma que trata de neutralizar el campo magnético que las ha creado.

Los blindajes de corrientes inducidas -Corrientes Eddy-, para protección contra estos campos dependen de la alta conductividad y el espesor de metales tales como el cobre, el aluminio y la plata. Los conductos de acero tienen una conductividad muy inferior a estos materiales, pero generalmente pueden proporcionar una protección adecuada si el espesor es suficiente.

Los campos magnéticos pueden ser dirigidos alrededor de los circuitos mediante materiales magnéticos en forma de blindaje hecho de acero, permaleaciones y ferrita.

El blindaje obtenido a partir de corrientes inducidas y propiedades magnéticas no depende de una conexión a tierra, pero es conectado a tierra para evitar el peligro de un choque eléctrico y simultáneamente aprovechar las propiedades electrostáticas de blindaje del material seleccionado.

8.2.3.1 CONEXIÓN A TIERRA PARA BLINDAJE DE BAJA FRECUENCIA

Un blindaje correctamente conectado a tierra para cable triaxial, se conecta a tierra solamente en un extremo, como se muestra en la Figura 8.9. Al conectar a tierra ambos extremos, Figura 8.10, se produce un lazo de tierra que fluirá en el blindaje, debido al hecho de que cada punto a tierra se encontrará a un potencial diferente.

Esta corriente del blindaje inducirá un voltaje en la señal o líneas de datos y producirá como resultado datos erróneos.

Es común ubicar los sensores a cientos o miles de pies de distancia de sus amplificadores, y los cables que los conectan pueden ser corridos a través de canalizadores para cables, conductos, bandejas portacables y ductos subterráneos. Típicamente estos van en paralelo a otros conductores o cables que acarrean potenciales de voltaje mucho más altos. El blindaje aísla el cable de los efectos de estos potenciales,

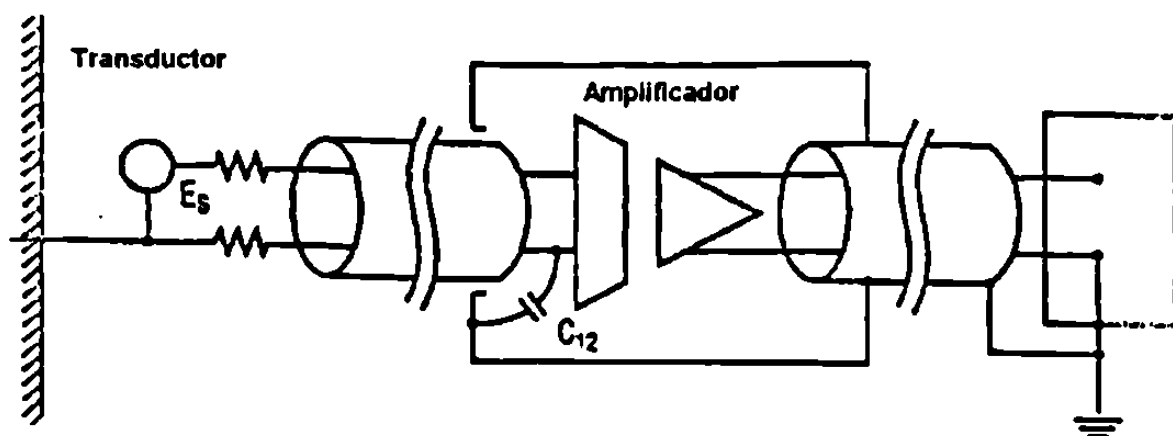


Figura 8.11 Blindaje de Señales de Bajo Nivel

8.2.3.2 CONEXIÓN A TIERRA DEL BLINDAJE DE ALTA FRECUENCIA

Las Interferencias de radiofrecuencia (RFI), superiores a 100 KHz pueden crear problemas, aún cuando se utilice blindaje de bajo nivel, debido a que el blindaje RFI debe ser conectado a tierra a intervalos frecuentes para minimizar las reflexiones de línea.

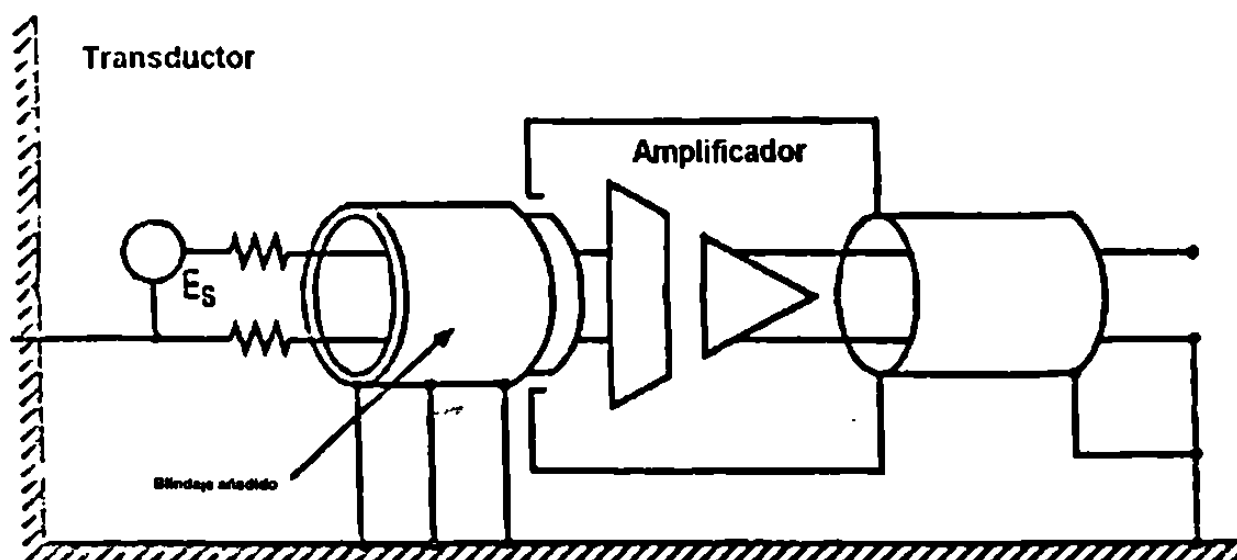


Figura 8.12 Blindaje Añadido para la Reducción de Ruido de Radiofrecuencia (RF)

La solución consiste en un blindaje RFI separado como se describe en la Figura 8.12. El blindaje exterior puede de hecho cubrir un número práctico de cables de señales con blindajes internos si está eléctricamente aislado de éstos, y puede conectarse a tierra en varios puntos sin la necesidad de introducir un gradiente de voltaje de baja frecuencia en sus envolturas internas.

8.2.3.3 CABLES COAXIALES

El transporte de energía en un cable coaxial no depende de que el cable está conectado a tierra. Si hay una disparidad de terminación en cualquiera de los extremos del cable habrá simplemente una serie de reflexiones, pero las energías de las señales permanecerán en el cable (ver Figura 8.13). Cualquier configuración múltiple de tierra permitirá que fluya la corriente en la envoltura, lo que añadirá ruido a la señal. Las conexiones a tierra en puntos medios pueden añadir ruido, el cual depende de las diferencias de potencial. Si el punto de tierra de la señal y el punto de tierra de la envoltura están ampliamente separadas, esto puede también permitir acoplamiento de ruido.

H= Campo Magnético
E= Campo Eléctrico

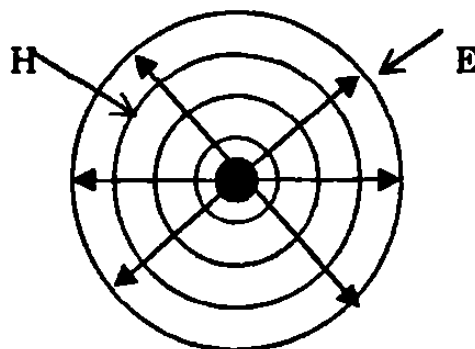


Figura 8.13 Una Configuración Simple de Campo Dentro de un Cable Coaxial

A bajas frecuencias las señales de modo común probablemente son el resultado de flujo de corriente en el plano de tierra.

A altas frecuencias, las señales de modo común pueden ser el resultado de campos electromagnéticos externos acoplados a áreas de lazos cerrados formados entre los cables y tierra o un plano de referencia a tierra. Las áreas típicas de lazos cerrados incluyen cables de potencia, cables de salida, interconexiones digitales o cables de entrada. A una frecuencia dada el acople de modo común es esencialmente proporcional al área del lazo cerrado,

Si nos referimos a la Figura 8.14 , cuando un cable coaxial es utilizado para transportar una señal entre dos puntos a tierra, la envoltura del cable forma un lazo de tierra con el plano de tierra. Aunque la envoltura del cable esté conectada a través de la fuente de modo común, ésta conexión no elimina la diferencia de potencial (V_1-V_2). A bajas frecuencias se produce una gradiente de la envoltura y el efecto producido es la adición de la señal de modo común a la señal de modo normal. El único mecanismo que permite que las corrientes de alta frecuencia se acoplen a la trayectoria de señal es la impedancia transferida. Las curvas de impedancia transferida -en unidades de ohms por metro-, como función de frecuencia, se encuentran publicadas para muchos cables estándares.

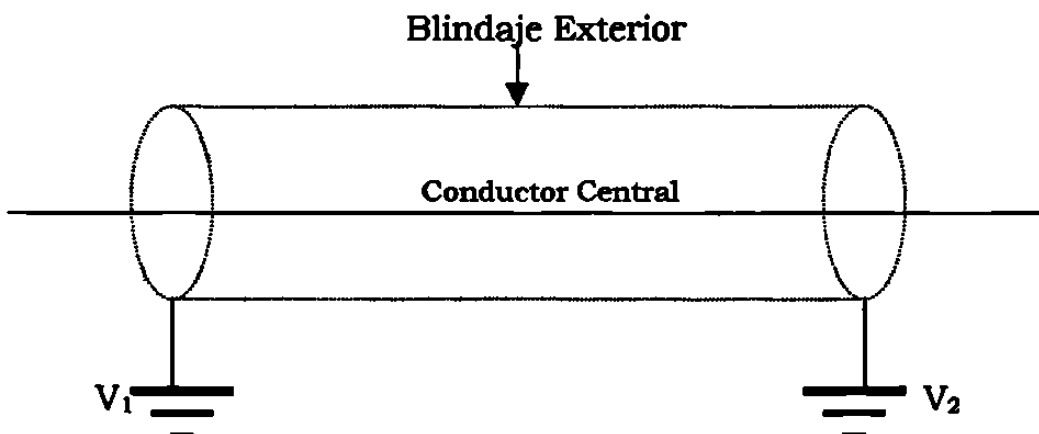


Figura 8.14 Acoplamiento de Modo Común en Líneas Coaxiales

El acoplamiento de modo común por inducción ocurre cuando la dirección de propagación del campo externo sigue la trayectoria de la señal. Resulta un acoplamiento por el hecho de que el campo toma un tiempo finito para viajar a través del lazo cerrado en consideración. Este voltaje resultante afecta el circuito en la misma forma que una diferencia de potencial de tierra. Para cables de menor longitud que la mitad de la longitud de onda, el acople de modo común aumenta con la frecuencia. A una frecuencia superior, el cable se acopla en múltiplos de $\frac{1}{2}$ de la longitud de onda. Puede ser extremadamente efectivo utilizar un cable triaxial como en la Figura 8.15, con el blindaje exterior a tierra a intervalos de $\frac{1}{2}$ de longitud de onda, para reducir las interferencias substanciales de radiofrecuencia (RF) en los enlaces coaxiales.

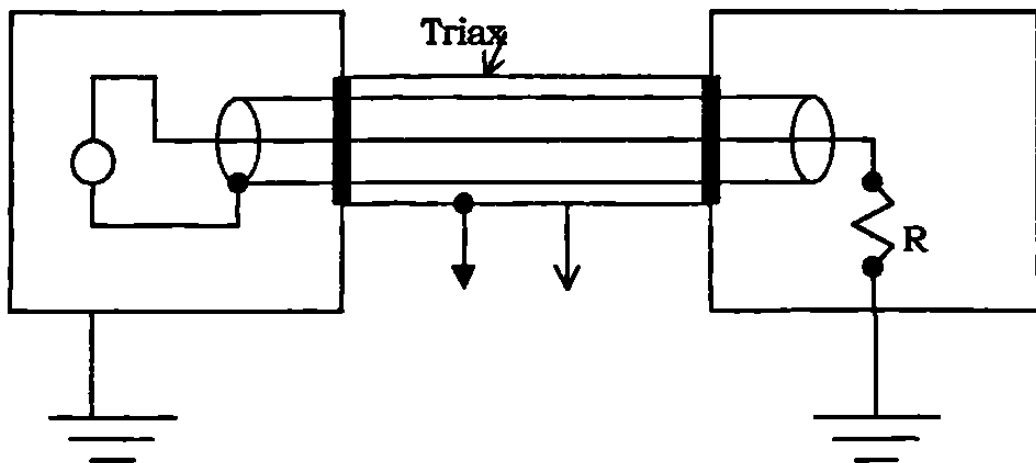


Figura 8.15 Conexiones Múltiples a Tierra de un Cable Triaxial

8.2.3.4 TERMINACIÓN DE CABLES

Un problema frecuente es la unión de las envolturas de los cables en su punto de terminación.

Si se desea una conexión libre de acople de modo común, entonces la envoltura debe hacer una transición suave al plano de tierra de terminación. Un error común consiste en usar una conexión de cable flexible o rabillo, para acarrear la envoltura eléctricamente a su destino. Esto provoca que entren a la caja corrientes de ruidos indeseables y que contaminen el circuito.

Los conectores Backsell son diseñados específicamente para resolver este tipo de conexión. Si no se utiliza un conector Backsell, debe conectarse la envoltura en forma múltiple trenzada a la superficie de terminación. Una conexión única trenzada no es tan efectiva y una conexión de rabillo es aún peor. La peor técnica de todas es una conexión de rabillo enlazada. Los conectores Backsell deben unirse correctamente a su plano de tierra. No se deben utilizar superficies pintadas o anodizadas. Para asegurar un contacto válido, la conexión puede requerir un empaque de unión. Si la placa de la cual se habla no está bien unida al resto de la armadura, el conector Backsell no es de utilidad.

A primera vista, las terminaciones de las envolturas coaxiales parecerían una cosa de rutina. Pero éste tema merece una atención especial. Por ejemplo, la práctica de usar la conexión de rabillo para unir el blindaje a tierra, añade una cantidad significativa de inductancia a la conexión. Esta inductancia abre la conexión envoltura-tierra a altas frecuencias y permite que señales de modo común aparezcan en el punto de entrada del cable. Una conexión correcta de la envoltura del cable coaxial significa que no existirá el efecto reductor de corriente en el flujo de corriente. La corriente entonces fluiría suave y uniformemente a la superficie de conexión a tierra.

8.2.3.5 CONEXIONES A TIERRA PARA CABLES DE VARIOS EDIFICIOS

Cada vez que se tiran líneas de datos entre dos o más edificios, cada extremo de cada cable tendrá como nivel de referencia diferente potencial de tierra ya que cada edificio tiene su propio sistema de electrodo de tierra. Las computadoras, terminales, instrumentos, PLC, etc., en cualquier edificio, tienen como referencia el electrodo de tierra del edificio donde se encuentran ubicados. Cuando se tiran líneas de datos entre dos edificios, los datos tendrán como referencia dos tierras separadas. Cuando las dos tierras se encuentren a diferentes potenciales, existe el peligro de que los datos se pierdan y los puertos de datos se dañen. Las descargas de rayos en áreas próximas pueden elevar el potencial de un edificio a un nivel de cientos de volts más alto que el nivel de tierra del edificio más cercano.

Una solución para el problema es unir conjuntamente los sistemas de electrodo de tierra de los dos edificios.

Esto puede hacerse enterrando un conductor grueso de cobre entre los dos edificios y uniendo sus extremos a cada uno de los sistemas de electrodo de tierra de cada edificio. El tamaño del conductor depende de la distancia entre los edificios pero nunca debe ser menor que el calibre #2/0 y debe ser cable de soldar con múltiples hilos de cobre para limitar la impedancia que aumenta debido a las corrientes de alta frecuencia de rayos debidas al efecto pelicular.

Una segunda solución es transmitir los datos con fibra óptica.

Los sistemas de fibra óptica usan luz para transmitir los datos y de ahí que la diferencia entre los potenciales de los dos extremos del enlace no serán ya una preocupación. También pueden utilizarse aisladores ópticos para eliminar cualquier unión mecánica entre los componentes del sistema de varios edificios. Mediante este método, los datos son transportados desde un diodo emisor de luz a un transistor

sensitivo por medio de la luz emitida por el diodo. Aunque los aisladores ópticos han protegido equipos durante tormentas eléctricas, hay muchos casos documentados de daños al mismo aislador óptico debido al hecho de que el transistor maneja el enlace metálico.

Un tercer método para limitar los efectos de los daños causados muy a menudo por las conexiones a tierra de varios edificios en las interfaces de líneas de datos, son los protectores de sobrevoltajes transitorios.

Si se seleccionan e instalan de forma correcta, estos pueden prevenir la elevación de voltajes intolerables de línea-a-línea y de línea-a-tierra. es esencial que las conexiones a tierra sean correctas para estos protectores, lo cual será discutido posteriormente.

8.2.3.6 CONEXIÓN CORRECTA A TIERRA PARA LOS PROTECTORES DE SOBREVOLTAJES TRANSITORIOS

Los protectores de sobrevoltajes transitorios incorrectamente conectados a tierra no pueden proporcionar en forma precisa una referencia para la lógica de tierra de la interface de las comunicaciones y su Unidad Central de Procesamiento (CPU) o terminal requiere protección, pues permite voltajes excesivos, o puede causar un lazo de tierra CA en las líneas de datos resultando en ruido de interferencias de baja frecuencia.

Por esta razón, es imperativo que todos los protectores que proporcionen supresión de línea-a-tierra, sean conectados al mismo equipo y lógica de tierra que el equipo que van a proteger.

8.2.3.7 LÍNEAS TELEFÓNICAS POR LÍNEA CONMUTADA

Las interfaces de las conexiones por línea conmutada en uso incluyen las interfaces -RJ11 y RJ45-. Solamente las dos patillas del

medio, hacen la conexión de interface con la línea de dos alambres - conocidas como "tip" y "ring" ("punta y anillo")-. Además de los tubos de gas instalados por las telefónicas, a menudo requiere un protector secundario de estado sólido como el varistor de metal de oxido (MOV) o el diodo de avalancha de silicio para proteger adecuadamente el equipo EDP, las máquinas de fax y los moduladores de señales (módem) asociados con estos equipos. En la Figura 8.16 se muestra un típico circuito de protección. El tornillo de tierra o la conexión flexible o rabillo del protector, debe tener una referencia directa al nivel de voltaje, por medio de un alambre tan corto como sea posible, del chasis del conmutador de señales (módem), de la unidad central de proceso (CPU) o del terminal.

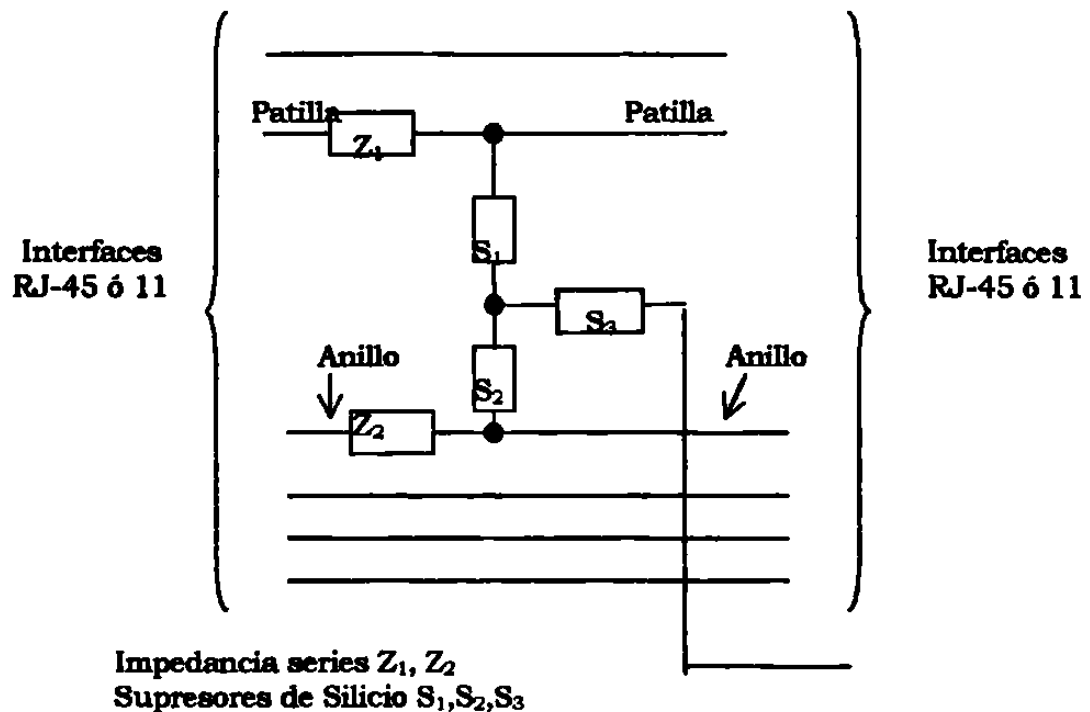


Figura 8.16 Supresores del Circuito RJ-45 o RJ-11
(Para Líneas Conmutadas de Teléfono)

8.2.3.8 LÍNEAS PRIVADAS

Las conexiones de las líneas privadas de la telefónica le dan al usuario una conexión privada de punto a punto. Las conexiones del tipo atornillado, enchufes similares RF11, o bloques con patillas pueden formar la interface del cliente. Debido a que el canal de "envío" consiste de dos alambres y el canal de "recepción" consiste de dos alambres, la protección total es para cuatro alambres. En la Figura 8.17 se muestra un circuito típico de protección para esta aplicación. Nuevamente, el tornillo de tierra o rabillo del protector debe estar en referencia directa al voltaje del chasis del equipo que se va a proteger.

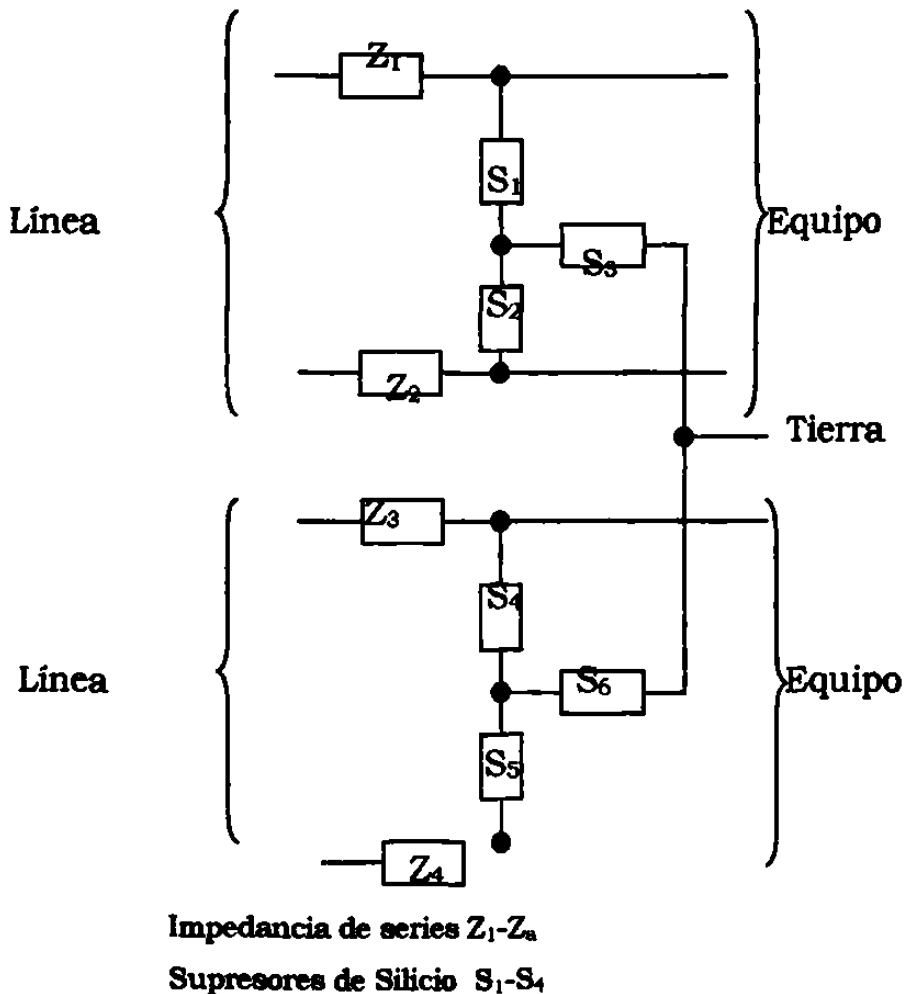


Figura 8.17 Circuito Supresor de Transitorios para Moduladores de Señales de Línea Privada

8.2.3.9 INTERFACES DE DATOS RS-232

La interface de comunicación de datos mas comúnmente usada continúa siendo la RS-232. Aunque la especificación de la interface RS-232 soporta sólo 50 pies de operación, muchas aplicaciones de miles de pies de longitud pasan datos hasta 9600 BPS. Las asignaciones para las 25 patillas, conector tipo D se definen en la Tabla 8-5. No existen estándares de asignatura para los conectores de 15 y 9 patillas también de uso común. La interface es susceptible a los daños causados por los rayos inducidos que pasan a través de los moduladores de señales (módem) o cuando son corridas entre edificios líneas de conexión alámbrica. RS-232 especifica un máximo de 15 volts, y voltajes tan pequeños como de 25 volts pueden dañar la interface del circuito.

Circuito	Num. De Patilla RS232	Num. De Patilla V.24	Descripción
AA	1	101	Tierra Protectora
BA 2	2	103	Transmisión de Datos
BB	3	104	Recepción de Datos
CA	4	105	Solicitud de Envío
CB	5	106	Listo para enviar
CC	6	107	Listo grupo de Datos
AB	7	102	Tierra de señal
CF	8	109	Recibida Detección Señal
-	9	-	(Reservado para prueba)
-	10	-	
-,SA	11	-	Sin Asignar
SCF,SB	12	121	Recibida detec. De señal
SCB	13	122	Secundario Listo p/Enviar
SBA	14	118	Transm. Datos secundarios
DB	15	114	Temporización elem. señal
SBB	16	119	Recepción de datos sec.
DD	17	115	Temp. De elem. de señal
-	18	-	Sin Asignar
SCA,SA	19	120	Solicitud de envío secundario
CD	20	106.2	Terminal de Datos Listo
CG	21	110	Detector de Calidad de Señal
CE	22	125	Indicador de timbre
CH/CI	23	111/112	Detector de Velocidad de señal
DA	24	113	Temporización de Elem. de señal
-	25	-	Sin Asignar

Tabla 8-5 Designación de las Patillas del Conector Interface

EIA RS232/CCITT V.24

En interfaces de alambre duro típicamente se conectan sólo patillas 2 (enviar), 3 (recibir) y 7 (señales de tierra). La referencia de voltaje de la patilla 7, en la mayoría de los casos, es el chasis de la Unidad Central de Procesamiento (CPU) o la terminal en cada extremo de los cables de enlace y posteriormente conectadas a dos diferentes sistemas de tierra, en las aplicaciones de edificio a edificio. Debido a las grandes diferencias de potenciales momentáneos que a veces se crean entre varios sistemas a tierra separados, durante una actividad atmosférica, una sobrecorriente de alta magnitud puede ser instantáneamente forzada a fluir en el alambre que conecta la patilla 7 en ambas interfaces RS-232. Esta sobrecorriente causará una gran diferencia de potencial -sobrevoltaje transitorio- entre la patilla 7 y otras patillas activas en las interfaces. Existen muchos casos documentados de equipos situados en uno o ambos extremos de una interface RS-232 que han sido destruidos durante una tormenta eléctrica.

Por esta razón, es esencial que la protección contra transitorios sea proporcionada entre la patilla 7 (señal de tierra) y todas las líneas de datos activas, lo mismo que a tierra, a ambos extremos del enlace. La protección de un solo extremo de una interface RS-232 no previene la formación de voltajes excesivos en el extremo distante. En la Figura 8.18 se ilustra un circuito básico de supresión para aplicaciones de RS-232. Es crítico en las aplicaciones de protección de RS-232 que el tornillo de protección de tierra o rabillo esté directamente referido al chasis del equipo que está protegiendo, utilizando como mínimo un alambre AWG Num. 12 -de hilos de cobre trenzados- tan corto como sea posible. Las computadoras de proceso de datos de cuadro principal o "mainframes" pueden proporcionar soporte a un número considerable de cables de datos blindados, pero desafortunadamente se conectan a tierra en ambos extremos, lo cual afecta la referencia de lógica en este punto.

Nuevamente, los 25 volts y la interface RS-232 posiblemente pueden sufrir daños.

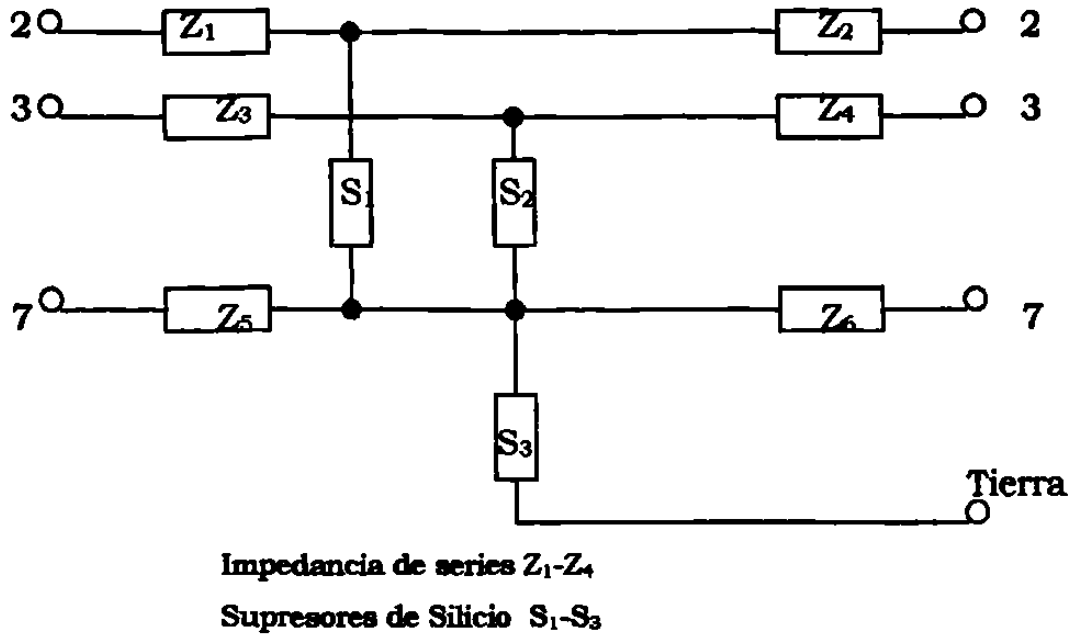


Figura 8.18 Supresor de Transitorios de Interface Digital RS-232

Se recomienda que la patilla 1, usualmente identificada como protectora o tierra del chasis, no sea conectada a ninguna de las interfaces ya que puede acarrear bucles de tierra CA, las cuales pueden acoplar ruido de baja frecuencia en los circuitos de "envío" y "recepción".

8.2.4 PROTECCIÓN CATÓDICA

La protección catódica es utilizada para minimizar el efecto de corrosión de las estructuras metálicas enterradas. En la mayoría de los casos se piensa que el problema de corrosión es asociada con tuberías y tanques; sin embargo, la corrosión afecta cualquier estructura metálica enterrada. La corrosión puede ser producida directamente por ataques químicos, ataques microbiológicos, la acción de electroquímicos o por corrientes parásitas. El enfoque de éste tema será dirigido hacia los problemas de corrosión creados por las corrientes parásitas.

El suelo de la superficie de la tierra es una solución que no es homogénea y tiene una gran variedad de químicos, agua y oxígeno presentes que actúan como electrolitos. Esto crea la posibilidad de una reacción electroquímica entre el metal y la tierra que lo rodea. En cada tipo de celda el ánodo es consumido por la corrosión y el cátodo es protegido contra la corrosión.

Todos los metales y metales compuestos tienen una tendencia inherente de entrar en solución cuando son sumergidos en un electrolito. A una solución entran iones positivos y para lograr que ésta permanezca eléctricamente neutra, tales iones de carga positiva deben ser desalojados de la solución.

En el caso de tuberías metálicas en un suelo húmedo, los iones positivos del metal son intercambiados por el hidrógeno atómico que se forma sobre la superficie del tubo. A esto se le llama comúnmente "película de polarización" y si esta capa de hidrógeno permaneciera en este lugar, no ocurriría ningún efecto de corrosión.

Típicamente, debido al suelo y otras condiciones ambientales, este no es el caso común y salen más iones de la tubería. Con el tiempo se forma un hueco y ocurre el escape.

Ciertos metales y aleaciones forman una capa resistiva sobre la superficie y son resistentes a los problemas de corrosión; así que no necesitan protección catódica, como el cromo, el aluminio y el acero inoxidable.

Cuando se aplica protección catódica, es necesario que la estructura de metal tenga un potencial negativo con respecto a la tierra que la rodea.

Esto se logra proporcionando una fuente de corriente anódica. Otros químicos además del Hidrógeno pueden formar una capa en el cátodo y en el ánodo la cual es altamente resistiva y evita el flujo de corriente en una celda electroquímica. En la aplicación de protección catódica, para prevenir esto, se usa un suelo especialmente preparado que rodee instalación del ánodo para mejorar el flujo de corriente y prolongar su vida. Por consiguiente, la corriente protegida alimentada al suelo por la fuente de ánodo, (cama de tierra) retarda las corrientes de corrosión menos intensas y protege la estructura.

8.2.4.1 MÉTODOS PARA LA APLICACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA

Existen dos métodos para la aplicación de protección catódica a las estructuras metálicas bajo tierra.

- 1) ÁNODOS GALVANIZADOS
- 2) SUELOS RECTIFICADORES

En ambos métodos, la corriente continua es alimentada de tal forma que el potencial entre la estructura que va a ser protegida y el suelo que la rodea tiene un valor de $-0.85 V_{cc}$. Este es un valor aproximado, ya que el valor real depende del lugar, resistividad del suelo, consideraciones técnicas y consideraciones económicas.

8.2.4.2 ÁNODOS GALVÁNICOS

Los ánodos galvánicos de Magnesio, Zinc o aleaciones de Aluminio, son utilizados en suelos de baja resistencia donde no se necesita gran cantidad de corriente, (ver figura 8.19). Estos son típicamente instalados en un suelo relleno químico que consiste de yeso, bentonita y sulfato de sodio, para mejorar la operación y prolongar la vida del ánodo. Puede existir una o múltiples instalaciones en lugares cercanos al lugar de corrosión.

VENTAJAS:

- 1- No es necesaria una fuente de potencia externa.
- 2- Costo mínimo de mantenimiento después de la instalación.
- 3- Mínimos problemas de interferencia con estructuras externas.
- 4- Bajo costo de instalación.

DESVENTAJAS:

- 1- Voltaje y corriente de salida limitados.
- 2- Limitaciones de resistividad del suelo.
- 3- No es tan efectivo con tubos de gran diámetro
- 4- Interferencias mutuas en instalaciones múltiples o paralelas.

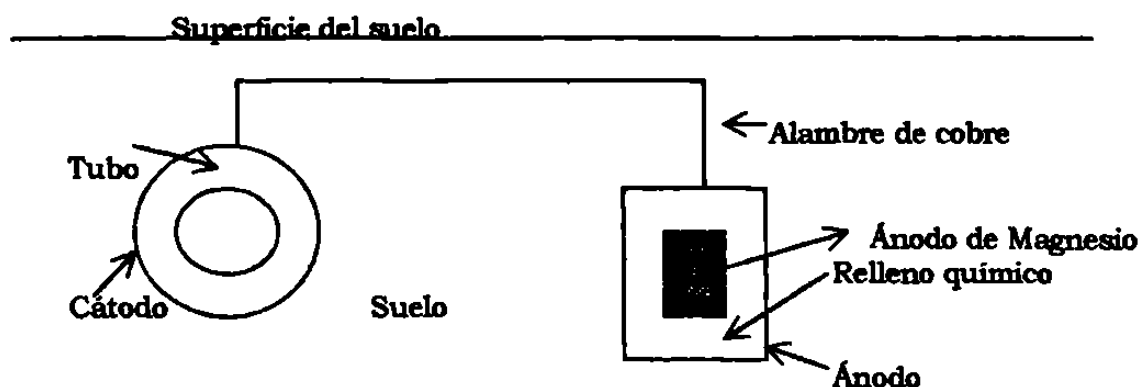


Figura 8.19 -Ánodo Galvánico

8.2.4.3 SISTEMA DE CAMA DE SUELO RECTIFICADOR

El concepto del método de cama de suelo rectificador consiste en que una celda electrolítica es desarrollada de tal forma que la estructura a proteger es el cátodo y el suelo es el ánodo,

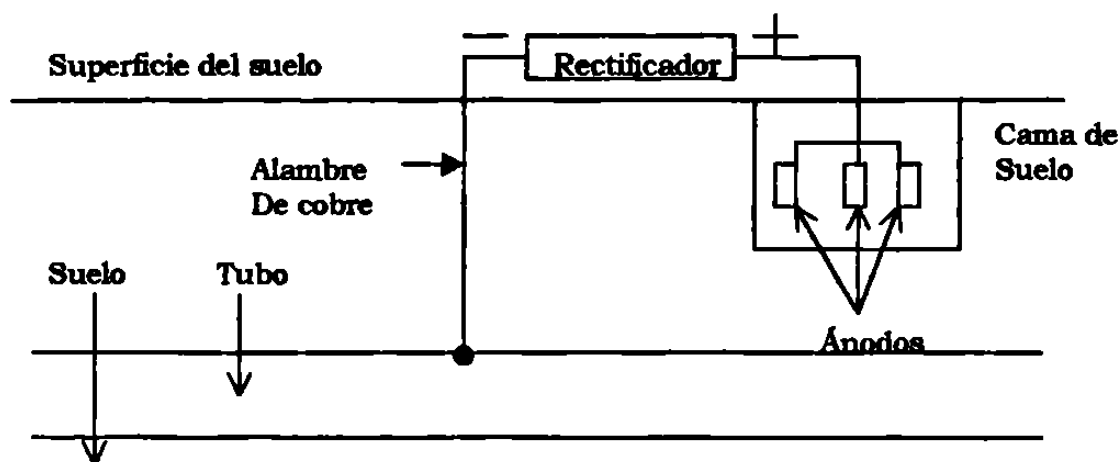


Figura 8.20 -Cama de suelo Rectificador-

El Suelo rectificador consiste de un número de electrodos enterrados en un "suelo preparado" y sujetos a la salida positiva de un rectificador y donde el lado negativo del rectificador es conectado a la estructura que va a ser protegida. El rectificador origina una corriente en la celda del electrolito de tal forma que los ánodos son consumidos y la estructura recibe la corriente del suelo y es protegida. Existen tres configuraciones principales en la instalación de estos suelos.

1.- CAMAS CONVENCIONALES O CAMAS DE SUELOS PROFUNDOS.

Ambos actúan como puntos de alimentación y proporcionan una gran distribución de corriente protectora en los suelos de alta resistividad para tuberías de gran longitud. Las camas convencionales de suelo son ubicadas a cierta distancia de la estructura que van a proteger y son instalaciones de relativamente poca profundidad - igual o

menor a 50 pies- con múltiples electrodos en suelos especialmente preparados para mejorar su distribución de corriente. Esto crea una distribución superficial horizontal de corriente. Las instalaciones de suelos profundos son de 250 a 300 pies de profundidad y consisten de múltiples electrodos de grafito instalados en una distribución vertical dentro de una estructura de acero especialmente construida y llena de un carbón llamado "Coke Breeze". Esto crea una distribución amplia de corriente que proviene desde el fondo de la estructura. Ambas configuraciones están sujetas a los problemas de interferencia de estructuras externas.

2.- CAMAS DE SUELO DISTRIBUIDAS

Estas instalaciones cercanas a la superficie son usadas a menudo en las estaciones de compresores o de bombeo, tanques agrícolas, terminales de líneas petroleras y refinerías.

Los ánodos son esparcidos a lo largo del campo y pueden ser o no configurados en diseños geométricos dependiendo de los efectos de protección de las varias estructuras del sitio.

3.- CAMAS DE SUELO CONTINUAS HORIZONTALES/PARALELAS

En este tipo de instalación un ánodo continuo o de múltiples ánodos es instalado en una encamación paralela y cerca de la estructura que va ser protegida. Se utilizan en ambientes altamente corrosivos y donde numerosas estructuras externas se encuentran en la proximidad a las estructuras a ser protegidas y donde la interferencia es un factor importante.

VENTAJAS:

- 1- Salida de grandes corrientes
- 2- Aplicable en suelo altamente resistivo
- 3- Control flexible de corrientes

- 4- Aplicable a estructuras sin revestimiento o con revestimiento pobre
- 5- Protege estructuras más grandes de mayor expansión.

DESVENTAJAS:

- 1- Altos costos de instalación
- 2- Altos costos de mantenimiento
- 3- Costos mensuales de energía
- 4- Problemas de interferencia con estructuras externas

8.2.4.4 CORRIENTES PARÁSITAS

Las corrientes parásitas o “corrientes de fuga” introducidas al suelo por fuentes externas pueden interferir con los sistemas catódicos de protección existentes y crear flujos de corriente en sistemas no protegidos lo cual causará corrosión.

Entre las fuentes de estas corrientes se encuentran los rieles de carros trole, equipo de soldar conectado a tierra negativamente en corriente continua, u otro sistema de protección catódica en el área. Para minimizar los efectos de estas corrientes, se requieren métodos diferentes:

- 1) En el caso de equipos de soldar, se usa un sistema de dos alambres en lugar de usar el suelo como trayectoria de retorno.
- 2) Si existen múltiples sistemas de protección catódica en el área, es necesario coordinar la distribución de corriente con otros grupos y unir conjuntamente de una manera resistiva los sistemas independientes.
- 3) En el caso del sistema de trolebús, dependiendo de si los rieles son negativos o positivos y del flujo de corriente en

el sistema podría proporcionarse protección catódica para la estructura de metal. Cada caso de interferencias de corrientes parásitas debe ser examinado individualmente.

Otro problema similar a las de corrientes parásitas es el problema de "robo" de corrientes de CC por sistemas de tierra de CA. En este caso el sistema de tierra de CA sirve como una mejor trayectoria de retorno para la corriente de CC que la estructura metálica que se va a proteger.

Este problema se debe a una conexión a tierra incorrecta y a la ubicación inapropiada de los ánodos.

Para sistemas de protección catódica, el lado positivo del rectificador es conectado al sistema de electrodo de tierra. El código NEC sección 250-22, trata sobre la conexión a tierra de un sistema rectificador.

En esta configuración, una corriente de CC aparecerá en el sistema de tierra de CA, lo que puede causar alguna confusión cuando de estén efectuando investigaciones de problemas eléctricos. El voltaje y la corriente de CC son alimentados por el rectificador, el cual consiste de una fuente rectificadora de onda completa monofásica sin la aplicación de ningún filtro para minimizar la ondulación. En algunos equipos de prueba de CA esta ondulación de CC produce lecturas como si fuera una verdadera onda de CA tanto para las lecturas de corriente como para las voltaje.

Para eliminar esta confusión puede ser necesario el paro del sistema de protección catódico durante la exploración de problemas del sistema CA.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 AUDITORÍA DE SITIOS

"REPORTE DE UNA AUDITORIA DE SITIO PARA UNA EMPRESA DE TELEFONÍA CELULAR"

9.1.1 INTRODUCCIÓN

El presente reporte fue elaborado para una empresa de telefonía celular de la Ciudad de México, D.F., con el fin de determinar la calidad de potencia, el sistema de Conexión a Tierra y el sistema de protección contra rayos.

El propósito de esta auditoria era determinar la causa de un continuo daño a las tarjetas de circuitos impresos en el panel de control del rectificador durante tormentas con descargas atmosféricas.

El sitio consistía de una estructura primaria la cual contenía el equipo de comunicaciones, rectificadores y baterías; una segunda estructura contenía un generador Diesel de respaldo y un conmutador de transferencia; y dos torres de comunicación (Referirse al Dibujo #1).

La energía suministrada al sitio por la Central Eléctrica consistía de un sistema trifasico 120/208 Vrms, el cual alimentaba un interruptor de Desconexión ubicado en el exterior de la estructura de comunicaciones. El interruptor de Desconexión alimentaba el Conmutador de Transferencia ubicado dentro de la sala del generador. La salida del Conmutador de Transferencia alimentaba directamente el Tablero principal #1 ubicado dentro de la estructura de comunicaciones.

Un segundo Tablero Principal #2 adyacente al Tablero #1, también recibía energía trifásica 120/208 Vrms de la entrada del Interruptor Principal en el Tablero #1.

El equipo de comunicaciones estaba suministrado por un sistema de 24 y 48 VCC. Solamente el panel de Control del Rectificador, el sistema de alumbrado y el sistema de aire acondicionado y calefacción recibían CA. Durante la inspección del sitio al Central Eléctrica estaba suministrando energía a este sitio.

9.1.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE POTENCIA

El Tablero Principal #1, ubicado en la estructura de comunicaciones, era alimentado por el Conmutador de transferencia, ubicado en el Cuarto del Generador, con 120/208 Vrms de energía trifásica. El Interruptor Principal para este tablero tenía una capacidad de 100 Amperios por fase. Los voltajes de Fase-Neutro midieron respectivamente 122, 122 y 124 Vrms y los voltajes de Fase-Fase midieron 212, 212 y 214 Vrms. El voltaje Neutro-Tierra midió 0.68 Vrms y 3.0 Vpp. No existía evidencia de un voltaje con una distorsión armónica significativa. Las corrientes no balanceadas de Fase causaron la circulación de una corriente de 10 amperes en el conductor Neutro.

Se verificó que toda la corriente disponible no cancelada estaba de hecho circulando en el conductor Neutro y esto fue efectuado midiendo conjuntamente, con el amperímetro. No se encontró ninguna medida de corriente en los conductores de tierra.

Se encontraron numerosas violaciones del Código Nacional Eléctrico (NEC) en el Tablero Principal #1, las cuales enumeramos a continuación:

1. No existía una unión Neutro-Tierra en el Tablero Principal. La unión Neutro-Tierra fue efectuada en el Conmutador de Transferencia en el Cuarto del Generador.

2. El color de aislamiento del conductor Neutro era negro en contra de lo exigido por el Código que especifica que sea o de color blanco o gris.

3. En algunos conductores de Fase ramal fueron utilizados alambres aislados de color blanco.

4. Para algunos conductores neutros de circuito ramal fueron utilizados alambres aislados de color verde.

La falta de una unión adecuada de Neutro-Tierra para la potencia de CA suministrada a esta instalación, fue uno de los factores importantes en los daños relacionados con descargas atmosféricas y será discutido mas adelante en la Sección de Conexión a Tierra de este reporte.

Un segundo Tablero Principal de 100 amperes (Tablero Principal #2) estaba alimentado directamente con 120/208 Vrms de energía trifásica proveniente de la entrada del Interruptor Principal de 100 amperes en el Panel Principal #1.

Los voltajes de Fase-Neutro en este tablero midieron respectivamente 122, 123 y 124 Vrms y los voltajes de Fase-Fase midieron 213, 213 y 214 Vrms.

El voltaje Neutro-Tierra midió 0.78 Vrms y 4.0 Vpp. Nuevamente, no fué detectada distorsión atmosférica significativa. Las corrientes de Fase midieron respectivamente 10, 7 y 6 amperios. Es importante anotar que debido a la conexión de la alimentación en tandem, estas corrientes contribuían a las corrientes medidas en el Tablero Principal #1.

Estas corrientes no balanceadas de Fase eran la causa de 3.8 amperios que circulaban en el conductor Neutro que alimentaba al Tablero Principal #2. Midiendo la corriente de los conductores de Fase

conjuntamente, por medio de un amperímetro de pinzas, se verificó de nuevo que toda la corriente disponible, no balanceada, no cancelada, circulaba en el conductor Neutro.

Existe en este Tablero una violación del Código debido al hecho de que el conducto eléctrico de metal que proviene del Tablero Principal #1 (en el cual se extienden los conductores de Fase y el Neutro) se encuentra flotando hacia el Tablero Principal #2 y no se hizo ninguna otra conexión de Tierra de Seguridad al gabinete.

En una eventualidad de un corto circuito o falla del conductor de Fase con el gabinete, no se efectuaría el disparo del Interruptor Automático de Seguridad y el personal podría estar expuesto al peligro de un choque eléctrico.

El positivo del sistema de potencia de 48 VCC se encuentra conectado a tierra. Se midió un voltaje de 51.5 VCC mas un ruido de 400mV de CA. El negativo del sistema de 24 VCC se encuentra conectado a tierra. Se midió un voltaje de 26.8 VCC mas 200mV de ruido de CA. Fueron observados picos esporádicos de voltaje mayores de 1.0 Vpp en el sistema de 24 VCC y se sospecha eran causados por descargas del SCR o un capacitor en el rectificador.

9.1.3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA INSPECCIÓN DE TIERRAS

El esquema de Conexión a Tierra del sitio consistía de una barra de Tierra, enterrada en el suelo, de solamente 1.0 metro de profundidad, cerca de la estructura de comunicaciones, a la cual se conectaba una Barra de Tierra Principal (MGB), ubicada dentro de la instalación, lo mismo que el sistema de tierra de ambas torres conectadas por medio de un cable multiconductor de calibre 2/0 AWG.

El sistema de tierra de ambas torres consistía en un Anillo de Tierra con cable de calibre 2/0 AWG, enterrado en el suelo solamente

0.5 metro de profundidad, y suplementado con tres barras de un metro de profundidad, cada una ubicada en cada esquina de cada torre. Aunque el Código exige un mínimo de 8.0 pies (aproximadamente 3 metros) de profundidad para las barras de tierra y 30 pulgadas (aproximadamente 1 metro) para los Anillos de Tierra, el suelo rocoso debajo de la superficie del suelo exigía el cumplimiento de esta provisión del Código. Usando el método de caída de potencial del 62%, la Barra de Tierra Principal de la instalación (incluyendo el efecto combinado de todos los otros sistemas de tierra) se midió una resistencia de 10 ohmios a tierra.

En la parte superior de cada torre fué instalada una varilla pararrayos, para la conducción de rayos utilizando un cable correctamente calibrado como Conductor Bajante (2/0 AWG, cable multicolor) el cual se encontraba conectado a una de las Barras de Tierra en la base de cada torre. En un caso, la misma barra fué usada tanto para el Conductor Bajante como para la conexión a la Barra Principal de Tierra de la instalación. Una mejor práctica hubiera sido unirla a otra de las barras de tierra del anillo para limitar el flujo de corriente de rayos a la Barra Principal de Tierra de la instalación.

Una técnica común para limitar el salto del arco a la estructura metálica de la torre es la de conectar de nuevo el Conductor Bajante en la parte superior lo mismo que en la parte inferior de la torre. Se observó durante la inspección que una parte del Conductor Bajante en una de las torres había sido recientemente cortada y supuestamente robada por ladrones.

La Barra de Tierra Principal de la instalación proporcionaba una conexión a tierra para la Barra de Tierra para protección de cables de comunicación y para otras barras de tierra ubicadas en toda la instalación con el propósito de aterrizar todos los gabinetes del equipo, lo mismo que las fuentes de alimentación de 48 VCC y 24 VCC. Ambas barras estaban correctamente aisladas de la pared y se tuvo cuidado de

no permitir otra referencia a tierra de los gabinetes del equipo, con la intención de proporcionar un punto único de conexión a tierra en toda la instalación. Como resultado, no se detectaron corrientes de lazo cerrado en los conductores de tierra que interconectaban las diferentes barras de tierra.

Una medición efectuada entre la barra del Neutro del Panel Principal #1 y la Barra de Tierra para Protección de Cables indicó 0.68 Vrms (3 Vpp). Una inspección del Panel de Control que sufrió daños durante las tormentas de rayos mostró un voltaje Neutro-Tierra entre el Neutro que suministraba 120 Vrms de CA al Panel de Control y su gabinete el cual variaba entre 0.6 y 1.0 Vrms. Se hizo una medida de la impedancia entre el Neutro y el gabinete del Panel de Control la cual mostró 7 ohms. Esta condición existía porque el Neutro no estaba referenciado al sistema de tierra de la estructura lo cual es requerido por el Código. Durante tormentas de rayos, se generará un gran voltaje entre la entrada del Neutro al panel de Control y el chasis. La única conexión entre el chasis del Panel de Control y el gabinete era por medio de un tornillo de montaje.

9.1.4 RESULTADOS DE TRANSITORIOS

Fueron instalados dos supresores de sobrevoltajes transitorios para la protección de potencia de CA. Fué instalado un pequeño supresor de marca EFI, Modelo Omni Phase, protector de 3 Fases en el secundario del Interruptor de Desconexión de 120/208 Vrms, montado en la pared exterior de la estructura de comunicaciones.

Desafortunadamente, la capacidad del supresor era para 277/480 y con una limitación de voltaje demasiado alto para proporcionar protección adecuada contra los sobrevoltajes transitorios que incurren en la instalación por medio de la entrada de servicio de CA.

El segundo protector, Modelo SII de la empresa Northern Technologies, fué instalado en el secundario del Conmutador de Transferencia ubicado en el Cuarto del Generador. Este protector estaba correctamente calibrado para 120/208 Vrms, pero desafortunadamente demasiado lejos de la estructura de comunicaciones para proporcionar protección al Panel Principal contra los sobrevoltajes transitorios inducidos por rayos.

La solución adecuada para la protección del sistema de distribución de CA dentro de la estructura de comunicaciones será la instalación de un protector trifásico, con una capacidad correcta, en el Panel Principal #1. Para un tiempo de respuesta rápido en el evento de sobrevoltajes transitorios inducidos por rayos, el protector debería ser de la tecnología mas avanzada de supresión que es la Tecnología de Diodos de Avalancha de Silicio.

9.1.5 DATOS DE REPORTE

9.1.5.1 REGISTRO DE LA INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA

PANEL PRINCIPAL #1

100 Amperes, 3 Fases, 120/208 Verms

Mediciones del Tablero

N-Tierra de Seguridad 0.68 Vrms 3 Vpp.

Fase A:	38 A	A-N	122	Vrms
Fase B:	16 A	B-N	122.1	Vrms
Fase C:	25 A	C-N	124.2	Vrms
Neutro:	10 A	A-B	212.2	Vrms
Tierra de Seguridad:	0 A	A-C	211.9	Vrms
		B-C	213.7	Vrms

- Notas:**
- a) Se midieron 10 A alrededor de las tres fases
 - b) Se midieron 0.74 Vrms entre el Neutro y la Tierra de la Instalación principal.

PANEL PRINCIPAL #2

100 Amperes, 3 Fases, 120/208 Vrms

Mediciones del Tablero:

N-Tierra de Seguridad: 0.78 Vrms 4 Vpp

Fase A:	10 A	A-N	121.9 Vrms
Fase B:	7 A	B-N	122.8 Vrms
Fase C:	6 A	A-B	123.8 Vrms
Neutro:	3.8 A	A-B	213.0 Vrms
Tierra de Seguridad:	0 A	A-C	212.6 Vrms
		B-C	213.8 Vrms

- Notas:**
- a) Se midieron 3.8 Amperes alrededor de las tres fases
 - b) El conducto eléctrico del Tablero #1 flotando al Tablero #2 y ninguna otra Tierra de Seguridad aparente

TABLERO DE CONTROL PARA LOS RECTIFICADORES Y POTENCIA CC

- a) Sistema de 48 VCC= Se midieron 51.5 VCC mas 400 mVCA de ruido. Tierra al Positivo
- b) Sistema de 24 VCC= Se midieron 26.8 VCC mas 200 mVCA de ruido. Tierra al Negativo. También picos periódicos de 1 Vpp.

También se midieron:

0.6 - 1.0 Vrms de la entrada del Neutro al gabinete del Tablero de Control.

Se midió una impedancia de 7 ohmios del Neutro al gabinete del Tablero de Control.

9.1.6 RESUMEN

El sitio es estimado como un sitio bien diseñado con la intención de seguir las normas del Código Nacional Eléctrico y las prácticas de tierra en cuanto a la utilización del único punto de conexión a tierra. Algunas violaciones del Código y ciertas áreas que requieren mejoramiento contribuyeron, sin embargo, a los daños sufridos por el equipo durante tormentas con rayos. Estos y otros puntos de preocupación se resumen a continuación:

1. Las corrientes de Fase en el Panel Principal #1 estaban extremadamente desbalanceadas y causaban una circulación de corriente de 10 amperes en el conductor Neutro. Esta excesiva falta de balance puede contribuir a voltajes inestables durante la conmutación de cargas.

2. No existía unión Neutro-Tierra en el Panel Principal #1 como exige el Código. La falta de esta unión correcta de Neutro-Tierra puede crear un peligro de seguridad de contacto, impide la activación de los interruptores de circuito durante condiciones de falla, lo mismo que provoca mayor susceptibilidad a daños causados por rayos.

3. Se utilizó un color incorrecto de aislamiento de los conductores de Fase, Neutro y Tierra en ambos tableros el Tablero Principal #1 y el Tablero Principal #2. De acuerdo con el Código, el conductor Neutro debe ser de color blanco (o gris), el Conductor de Tierra debe ser verde (o verde con una raya amarilla). Estos colores no deben usarse con otros conductores diferentes.

4. El conducto metálico que conecta el Tablero Principal #1 al Tablero Principal #2 se encuentra flotando. Ninguna otra conexión de Tierra de Seguridad se ha hecho al gabinete del Tablero Principal #2. En la eventualidad de una falla de uno de los conductores de Fase al gabinete, el interruptor de Fase o el Interruptor Principal no se dispararía.

5. Se midió la impedancia a tierra del suelo del sitio y dió como resultado 10 ohms, que aunque esté dentro de los 25 ohms permitidos por el Código, es mayor que el estándar recomendado de 5 ohms para la mayoría de sitios de comunicaciones. **En áreas de alta incidencia de rayos, es deseable cuando sea posible, obtener para el sistema de protección contra rayos, una impedancia de 1 ohm o menor.** En áreas tales como este sitio, de suelo rocoso cerca a la superficie del terreno, entonces la conexión a tierra correcta de punto único de conexión y unión puede ser la única solución para eliminar grandes diferencias de potencial entre los equipos durante tormentas de rayos.

6. En una de las torres, la misma barra en la base de la torre fue usada para el Conductor Bajante y para conectar el Anillo de Tierra a la Barra de Tierra del sitio. Una mejor práctica hubiera sido haber hecho una conexión a la Barra de Tierra del sitio con una barra diferente del Anillo de Tierra para limitar el flujo de corriente de rayos a la tierra del sitio.

7. Una parte del Conductor Bajante de una de las torres fué cortado recientemente y se presume fué robado por ladrones.

8. El voltaje de Neutro-Tierra entre el Neutro alimentando al panel de Control y su gabinete midió 1.0 Vrms. La medición de impedancia entre estos dos mismos puntos dió 8.0 ohms. La causa de esta condición fué debido al hecho de que el Neutro no estaba referido al sistema de tierra de la estructura como lo requiere el Código Nacional Eléctrico. Durante una tormenta de rayos se desarrollará un gran voltaje

entre la entrada del Neutro al Tablero de Control y al chasis del Tablero de Control.

9. La única conexión entre el chasis del Tablero de Control y su gabinete era por medio de tornillos de montaje.

10. Fué instalado un protector de CA de capacidad incorrecta (277/480 vs. 120/208) en el secundario del Conmutador de Desconexión montado en la pared exterior de la estructura. Este protector tenía un límite de fijación de voltaje muy alto para proporcionar protección adecuada.

11. Un protector adicional, de capacidad correcta de 120/208 Vrms, fué instalado en el secundario del Conmutador de Transferencia ubicado en el Cuarto del Generador. Este protector estaba demasiado lejos de la estructura de comunicaciones para proporcionar una protección adecuada al equipo.

Una Empresa de Telefonía Celular
Ciudad de México, México

9.1.7 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están dirigidas a

1. Resolver las violaciones del Código Nacional Eléctrico.
2. Mejorar la integridad del sistema de tierra de potencia.
3. Prevenir otros daños causados por rayos a los equipos en el sitio.

1°.- Reinstalar interruptores de circuito en ambos tableros, (Tablero Principal #1 y Tablero Principal #2) para proporcionar un mejor balance de corrientes de Fase y la subsecuente reducción de corrientes en el Neutro y de voltaje asociado Neutro-Tierra.

2°. Crear una unión correcta de Neutro-Tierra en el Tablero Principal #1 a la tierra de la instalación principal de la estructura de comunicaciones de acuerdo con el Código.

3°. Instalar conductores de Fase, Neutro y Tierra con aislamiento de color correcto en ambos tableros, (Tablero Principal #1 y Tablero Principal #2) para eliminar la posibilidad de confusión y para estar de conformidad al Código Nacional Eléctrico.

4°. Proveer una Tierra de Seguridad para el gabinete del Tablero Principal #2. Utilizar alambre correctamente calibrado, preferible que usar conducto eléctrico o ambos.

5°. Si es posible, bajar la profundidad de ambos Anillos de Tierra a 1.0 metro para estar de conformidad con el Código y dirigir más la energía del rayo al suelo en tales ubicaciones. Considerar el uso de tratamiento del suelo en la proximidad del sistema de los dos Anillos de Tierra, con un electrolito no corrosivo, para reducir la impedancia general del Sistema de Tierra.

6°. Hacer la conexión a la barra de Tierra de la Instalación Principal desde las barras del Anillo de Tierra y no de las barras conectadas a los conductores bajantes a la base de las torres, para limitar el flujo de corriente de rayos a la barra de la Instalación Principal.

7°. Encontrar los ladrones, recuperar el alambre e instalar de nuevo el segmento robado del Conductor Bajante.

8°. Medir de nuevo la impedancia Neutro-Tierra en el Tablero de Control después de la instalación de la unión Neutro-Tierra en el Tablero Principal #1. Verificar que sea menor de 1.0 ohm.

9°. Unir el chasis del Tablero de Control con su gabinete asociado utilizando como mínimo alambre #8 AWG, multifilar.

10°. La única función del protector ubicado en el secundario del Conmutador de Desconexión, de capacidad incorrecta, parecía ser la protección del Conmutador de Transferencia electrónico ubicado en el

Cuarto del Generador. Se debe Reemplazar con un protector de capacidad 120/208 Vrms, de Diodo de Avalancha de Silicio instalado en el Cuarto del Generador, ubicado tan cerca como sea posible al Conmutador de Transferencia.

11°. Instalar un protector de Diodo de Avalancha de Silicio, de capacidad 120/208 Vrms, tan cerca como sea posible al Tablero Principal #1 (a la mínima distancia de alambrado).

10 BIBLIOGRAFÍA

En la elaboración del presente trabajo fué utilizada información contenida en los siguientes documentos:

1.- AT&T PRACTICE STANDARD:

1.1 AT&T 154-001-000AC:

Network Power Management

July 1994

1.2 AT&T 154-001-050

Power And Infraestructure Standards Manual Sep. 1993

1.3 AT&T 802-001-180

**Protective Ground Systems-General Grounding Requirements
For Communication Systems In Central Offices, Radio Stations
And Other Structures.**

June 1983

1.4 AT&T 802-005-180

Assembly And Instalation Of Power Plant Bus Bar And Wiring

January 1983

1.5 AT&T803-500-150

**Grounding Practices -Telecommunication Systems Grounding-
New Buildings Housing Digital And/Or Analog
Telecommunications Equipement Requirements And
Engineering Information.**

February 1993

1.6 AT&T803-500-410

**Grounding Practices -Isolated Ground Planes-Engineering And
Application Information**

June 1989

1.7 AT&T

Installation Engineering Handbook No. 181: "NCS Power Systems Engineering And Installation Standards For At&T Network Systems" May 1995

1.8 AT&T

Installation Engineering Handbook No. 1: "Power Installations" June 1995

1.9 AT&T 802-001-191

Office Ground Electrodes- General Equipement Requirements And Engineering Information

1.10 AT&T 802-001-192

Equipement Grpund System, Central Offices-General Equipement Requirements And Engineering Information

1.11 AT&T 802-001-193

Equipement Ground System, Central Offices- General Interface Requirements for DC Power Plants and Communication Systems

1.12 AT&T 802-001-195

Equipement Ground System, Central Offices-General Interface Requirements, For Electronic Switching Systems

1.13 AT&T 802-001-196

General Equipement Ground Requirements For Microwave RadioMain And Auxiliary Stations

1.14 AT&T 802-001-198

General Equipement Ground Requirements For A.C. Service Distribution Systems In Communication System Buildings.

2.- CFE D8CME-07

Protección anticorrosiva para cimentación en estructuras de líneas de transmisión.-
Enero 1990

3.- F. Dawalibi, D. Mukhedkar, IEEE Transactions On Power Apparatus and Systems.-

“Multi-Step Analysis Of Interconnected Grounding Electrodes”
Jan/Feb 1976

4.- F. Dawalibi, D. Mukhedkar, IEEE Transactions On Power Apparatus and Systems “Resistence calculation of interconected Grounding Electrodes”
Jan/Feb 1977

5.- F. Dawalibi, D. Mukhedkar “Potenciales de Tierra Transferidos en Sistemas de Potencia” Universidad Técnica del Estado, Santiago de Chile, Abril 1977.

6.- F. Dawalibi,A. Pinho, “Computerized Analysis of Power Systems and Pipelines Proximity Effects” IEEE Transactions on Power Delivery, April 1986.

7.- F. Dawalibi, R.D. Southey, R.S. Baishiki “Validity of Conventional Approaches for Calculating Body Currents Resulting From Electric Shocks” Transactions on Power Delivery, April 1990.

9.- NATIONAL ELECTRIC CODE (Código Nacional Eléctrico)

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMP-1994,
Editado por el Instituto Politécnico de México, 1994.

11 LISTADO DE FIGURAS

- Figura 4-1 Clasificación de los subsistemas de conexión a tierra en las instalaciones electrónicas
- Figura 5-1 Electrodo encerrado en Concreto (tierra Ufer)
- Figura 5-2 El Anillo de tierra
- Figura 5-3 La Varilla de Tierra
- Figura 5-4 Profundidad de Enterramiento en pies
Resistencia del suelo contra Profundidad de enterramiento de la Barra.
- Figura 5-5 Tierra en Estrella
- Figura 5-6 Principio de la Prueba de Resistencia de Suelo (Caída Potencial)
- Figura 5-7 Violaciones Múltiples a las estipulaciones de conexión a Tierra
- Figura 6-1 Mapa Isokerónico de EE.UU.
- Figura 6-1b Mapa isokerónico Mundial
- Figura 6-2 La Jaula de Faraday
- Figura 6-3 Radio de Protección de Rayos
- Figura 6-4 Unión Correcta de Instalación
- Figura 7-1 Retorno de Corriente de Falla
- Figura 7-2 Seguridad de Contacto
- Figura 7-3 Condiciones que predominan en un sistema de Potencia
- Figura 7-7A Esquemas de Sistemas TT
- Figura 7-7B Método Europeo de Conexión a Tierra
- Figura 8-1 Diagrama de Tierra para el sistema digital de control de oficina central.
- Figura 8-2 Campo de Tierra de la Oficina Central

- Figura 8-3** Conexiones de los Conductores de Tierra
- Figura 8-4** Barra Principal de Tierra (MGB)
- Figura 8-5** Conexiones a Tierra
- Figura 8-6** Forma de Onda de una Corriente de Cortocircuito de Descarga Estática
- Figura 8-7** Típico Banco de Trabajo conectado a Tierra para las Descargas Electroestáticas (DOD-HDBK 263)
- Figura 8-8** Malla de Referencia de Señal
- Figura 8-9** Blindaje para Interferencias Electromagnéticas (EMI)
- Figura 8-10** Conexión Doble a Tierra de Blindaje
- Figura 8-11** Blindaje de Señales de Bajo Nivel
- Figura 8-12** Blindaje Añadido para la Reducción del Ruido de Radiofrecuencia (RF)
- Figura 8-13** Configuración Simple de Campo Dentro de un cable Coaxial
- Figura 8-14** Acoplamiento de Modo Común en Líneas Coaxiales
- Figura 8-15** Conexiones Múltiples a Tierra de un cable Triaxial
- Figura 8-16** Supresores del Circuito RJ-45 o RJ-11
(Para líneas conmutadas de Teléfono)
- Figura 8-17** Circuito Supresor de Transistorios para Moduladores de Señales de Línea Privada.
- Figura 8-18** Supresor de Transitorios de Interface Digital RS-232
- Figura 8-19** Ánodo Galvánico
- Figura 8-20** Cama de Suelo Rectificador

12 LISTADO DE TABLAS

Tabla 250-94	Conductor del Electrodo de Tierra para sistemas de CA
Tabla 5-1	Variación de la Resistividad de Tierra Arenosa
Tabla 5-2	Distancia aproximada a los Electroodos auxiliares usando el Método 62%
Tabla 250-95	Capacidad o Ajuste del Dispositivo Automático de Sobrecorriente de Circuitos
Notas 310-16	Factores de Ajuste y Conductor Neutro
Tabla 8-1	Longitud Máxima del Conductor para cumplir con los objetivos de resistividad del Conductor de Tierra
Tabla 8-2	Voltajes Electrostáticos Típicos (DOD-HDBK 263)
Tabla 8-3	Valores de k para el Cálculo del "Efecto Pelicular"
Tabla 8-4	Características de conductores para 1000 pies de longitud
Tabla 8-5	Designación de las patillas del conector de interface EIA RS232/CCITTV.24

Apéndice 1

NEC 250-5 LOS CIRCUITOS Y SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA DEBEN CONECTARSE A TIERRA.

a).- SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA DESDE 50 A 1000 VOLTS.

Los Sistemas CA de 50 a 1000 volts que Alimenten alambrados y sistemas de alambrado de edificios, se conectarán a tierra bajo cualesquiera de las condiciones siguientes:

- Donde el sistema pueda ser puesto a tierra de tal manera que el voltaje máximo a tierra de los conductores no puestos a tierra (energizados) no excedan de 150 voltios.
- Donde el sistema sea una estrella de 3 fases, 4 hilos en el cual el neutro se usa como un conductor de circuito.
- Donde el sistema sea de 3 fases, 4 hilos conectados en delta, en el cual el punto medio del embobinado de una fase se use como un conductor del circuito.
- Donde un conductor conectado a tierra de la acometida no esté aislado de acuerdo a las Excepciones de las Secciones 230-22, 230-30 y 230-41.

b) SISTEMAS DERIVADOS SEPARADAMENTE.

En sistemas de alambrado de locales o edificios, cuya energía proviene de devanados de un convertidor, generador o transformador y que no tienen conexión eléctrica directa (incluyendo un conductor de circuito sólidamente conectado a tierra para alimentar a los conductores que se originan en otro sistema), de requerir conectarse a tierra, se conectarán a tierra según se especifica en la Sección 250-26.

NOTA No. 1: Una fuente alterna de energía de corriente alterna, tal como un generador en sitio, no es un sistema derivado separadamente, si el neutro está sólidamente interconectado al neutro de un sistema que alimenta el servicio o acometida.

c) SISTEMAS NO REFERIDOS A TIERRA -SECCIÓN 250-5(B), (D)-

La referencia a tierra es sólo para funciones de seguridad. El sistema eléctrico de distribución y el equipo energizado por éste, no requieren de ésta conexión para operar apropiadamente. Un avión, por ejemplo, lleva y requiere una gran cantidad de equipos eléctricos y electrónicos.

Éstos equipos operan sin ninguna referencia a tierra. Los sistemas de control para las Estaciones Generadoras de Potencia también flotan -no tienen referencia a tierra-.

Los "Detectores de Tierra" se usan para alarmar al personal de operación, de un corto circuito de fase inadvertido, o de un corto en un conductor neutro a tierra. La falla puede ser localizada y removida sin causar el cese de actividades del equipo generador.

El Código NEC permite sistemas no conectados a tierra bajo muy específicas y rígidas condiciones. Sin embargo, casi todos los sistemas eléctricos son conectados a tierra y es obligatorio que se conecten a tierra.



DONATIVO

