

Calidad de la Transmisión de Datos y Consideraciones de Puesta a Tierra de Edificios e Instalaciones Industriales, de Uso Múltiple

Traducido y Adaptado por: Omar Graterol / Ingro. Electricista / CIV: 16518

Tomado del Trabajo "DATA QUALITY AND GROUNDING CONSIDERATIONS IN A MIXED-USE FACILITY", Marcus O. Durham and Robert A. Durham. Paper No. PCIC-2004-SF103.

Abstracto: La mayoría de las instalaciones industriales, comerciales y educacionales, dependen en alto grado de las Telecomunicaciones, la Transmisión de Datos, y de redes de computación. En muchas instalaciones Petroquímicas, se combinan en una sola ubicación los tres tipos de las funciones para su operación. Estas instalaciones algunas veces experimentan problemas con la calidad de la señal y ruido en las líneas de comunicación, debido a la proximidad entre estas señales de alta velocidad y bajo nivel, y grandes líneas de transmisión de potencia. Adicionalmente códigos de seguridad en instalaciones eléctricas y varios aspectos de otros códigos deben ser cumplidos. Tópicos como Múltiples Sistemas de Puesta Tierra, Conexiones de Puesta a Tierra, Diferencia de Potencial, Corrientes Circulantes, y métodos de cableado deben ser analizadas y aplicadas. Once diferentes sistemas deben ser conectados unos con otros. Tres áreas relacionadas con redes, requieren especial atención. Estas tres áreas son:

1. Interconexión de Equipos
2. Barras de tierra Aisladas.
3. Sistemas de Fuerza (Potencia) Aislados.

Finalmente, el Sistema de Protección Catódica, que tiene un impacto muy especial en los sistemas de puesta a tierra.

INTRODUCCION

La correcta aplicación de los requerimientos de un sistema de puesta a tierra, aislamiento de señales, seguridad de las instalaciones eléctricas y calidad de la energía eléctrica del sistema, son la clave para el éxito de la instalación y operación de un sistema eléctrico que incluya un sistema de manejo de datos, bien sea en un edificio o en una plantaron instalaciones industriales múltiples. Estos tópicos son discutidos y analizados, basados en una instalación que contemple el uso combinado de sistemas de proceso, laboratorios, entrenamiento y áreas de administración. Esta variedad de aplicaciones, cubre la mayoría de las instalaciones industriales. No obstante encontraremos que los principios de conexión a tierra de sistemas eléctricos son universales.

Aunque los ingenieros responsables por la conexión a la red de distribución eléctrica, la conexión para las comunicaciones externas, y la red de computación interna, se rijan por los estándares y especificaciones correspondientes, cuyo diseño particular debe ser apropiado para cada uno de los sistemas correspondientes, puede que el mismo no considere su interrelación con las otras redes o sistemas. Esta filosofía de diseño por parcelas, crea problemas con las señales sensibles de las redes de computadoras.

Redes de computación y comunicaciones, operan con señales de bajo nivel y altas frecuencias, comparados con los sistemas de potencia o los sistemas de telefonía análogos. Como resultado, de esta particularidad, los equipos que operan a bajas niveles de señal y altas frecuencias, son muy susceptibles a desbalances y perturbaciones transitorios. Una atención muy dedicada a los detalles particulares de estos sistemas es requerida para el éxito en la instalación y operación adecuada a largo plazo de estos equipos. Las instalaciones tradicionales, que se han venido desarrollando para instalaciones eléctricas, son adecuadas para el suministro de energía y la seguridad de las personas que operan estos sistemas. Sin embargo, varios puntos críticos surgen, que deben ser considerados en el diseño para instalaciones que contemplen las múltiples funciones contempladas en la mayoría de nuestra industria actualmente, especialmente la industria petroquímica y petrolera.

El pensamiento o idea inicial en muchas aplicaciones de puesta a tierra es muy simple y los podemos definir en forma muy simple con la siguiente recomendación: "Conectar *todos los equipos a tierra y en el punto más cercano*". **Desafortunadamente, esta filosofía o primera idea, introduce mucha seguridad para el personal operacional, pero al mismo tiempo introduce muchos problemas operacionales, incluyendo puntos o superficies no-equipotenciales, corrientes circulantes e interferencia por ruido eléctrico.**

TERMINOS DE PUESTA A TIERRA

Aunque todas las tierras están eventualmente conectadas a un punto común de tierra, existen cinco diferentes categorías o sistemas de puesta a tierra que pueden ser definidos. Entendiendo, que la relación de estos sistemas con los parámetros eléctricos, será de gran ayuda para el diseño de un sistema de puesta a tierra efectivo.

1. *Neutro*: El Neutro, provee una referencia común para un sistema de potencia. Por este conductor circula corriente durante operación normal. Este se conecta en un solo punto al circuito de tierra. El neutro tiene aislamiento color blanco.
2. *Puesta a Tierra Eléctrica (De Potencia)*: La puesta a tierra eléctrica o de potencia, tiene como propósito, servir como camino de retorno de las corrientes de falla en sistemas de baja frecuencia o DC, hacia los fusibles u otros dispositivos de protección. Esta es una consideración desde el punto de vista de Corriente. La conexión ocurre, en el punto de falla a tierra o conexión accidental a estructuras, envolventes, etc., por medio del sistema de puesta a tierra. El conductor de puesta a tierra eléctrica, tiene aislamiento de color verde.

3. *Puenteado (Interconexión)*: El puenteado o interconexión, provee una tierra común para los equipos o estructuras, para prevenir diferencias de potencial, que pueden electrocutar a una persona u originar una chispa para iniciar un incendio. Esta es una consideración desde el punto de vista de Voltaje. El puenteado o la interconexión adecuada puede lograrse mediante la conexión de todas las superficies o estructuras metálicas entre si y llevadas a un punto común de referencia.
4. *Apantallado (Uso de pantallas para conductores)*: El apantallado es usado para prevenir la entrada de ruidos que pueden interferir con la señal principal. Esto es, básicamente una consideración desde el punto de vista de frecuencias. El apantallado se logra mediante el aislamiento del alambre o conductor que lleva la señal principal, de la entrada de ruido, mediante una especie de jaula de Faraday.
5. *Protección de Transientes (Supresores)*: La protección de Transientes o supresores, tiene como propósito proveer un camino para la disipación de señales de energía elevadas, hacia tierra. Esto es principalmente una consideración desde el punto de vista de energía. Una adecuada protección de Transientes, se puede obtener creando una malla equipotencial en el área de la instalación. La tierra de la protección de transitorios, se conecta a un sistema de electrodos de puesta a tierra separados de la puesta a tierra eléctrica o de potencia, sin embargo todos estos sistemas se conectan eventualmente entre ellos.

APLICACION

El requerimiento inicial de puesta a tierra, es para el sistema de potencia o puesta a tierra eléctrica. Esta conexión a tierra se hace en el punto de suministro eléctrico o acometida, que puede ser un Generador, un transformador o un alimentador que imponga una tierra separada. Los esquemas o circuitos de comunicación, alambrados o mediante conductores de comunicación, requieren una puesta a tierra la cual también es provista en el punto de entrada. Los sistemas de datos usan una tierra común de referencia. El apantallado para las Interferencias Electromagnéticas o de Radio Frecuencia (EMI o RFI), requieren una referencia para el aislamiento o drenaje de las señales no deseadas. La tierra en general provee, un punto común.

Los requerimientos de puesta a tierra de estos sistemas son diferentes. No obstante, para evitar las diferencias de potencial, entre cualquiera de estos circuitos, se deben puentear o conectar todos los sistemas de puesta a tierra. El arreglo de las conexiones o puenteado, debe diseñarse para limitar la creación de lazos de tierra y otros caminos que puedan introducir problemas externos y adicionales en una red. A menudo los diseños de puesta a tierra en una instalación, se llevan a cabo con muy poco esfuerzo (Menor que el requerido). Un sistema de puesta a tierra diseñado o instalado en forma incorrecta en una instalación, puede originar problemas de corrientes circulantes y lazos de tierra y con esto crear errores o interferencia con las comunicaciones, manejo de datos y redes de computación.

Uno de los retos de un diseño adecuado, se deriva del hecho de que los sistemas que son más susceptibles a los problemas de puesta a tierra, son que generalmente son los causantes de los problemas de calidad de la energía. Los sistemas de computación, son frecuentemente los mas

susceptibles a daños provenientes del sistema de potencia, o a la interferencia en las redes de comunicaciones de gran velocidad. Adicionalmente, la gran cantidad de computadoras personales, dispositivos de comunicación y fuentes ininterrumpidas de potencia (UPS) en una instalación, todos ellos tienen fuentes de poder del tipo de Switchero electrónico (SMPS), incluir en este renglón los variadores de velocidad, de mucho uso actualmente en instalaciones petroleras. Estos dispositivos tienen un comportamiento No. Lineal y crean armónicos y ruidos en el neutro, convirtiendo la red de suministro eléctrico en una red de energía de pobre calidad originando sobrecalentamiento y otros problemas en muchos de los elementos de la red eléctrica.

Para disminuir en parte este impacto, se recomienda que las fuentes de poder del tipo SMPS, sean de 12 pulsos (Rectificadores con 12 pulsos), para disminuir el impacto por armónicos en la red eléctrica. El ancho de banda reducido del ripple creado por un sistema de 12 pulsos, hace más fácil la mitigación de la distorsión de la onda fundamental y de los armónicos de frecuencias elevadas de la red. Un sistema apropiado de puesta a tierra puede resolver muchos de estos problemas. En algunos casos más severos, un transformador de aislamiento o filtros de armónicos deben ser usados. Con un sistema de filtros y un sistema de puesta a tierra adecuadamente diseñado, se han obtenido valores del ripple de la onda de corriente de $30E^{-6}$.

El ruido eléctrico creado por las numerosas fuentes de poder del tipo con Switchero Electrónico, crean Transientes que pueden comprometer el aislamiento de algunos dispositivos eléctricos.

CODIGO ELECTRICO

La referencia inicial para cualquier instalación eléctrica, debe ser el CODIGO ELECTRICO NACIONAL (CEN). Los objetivos de cada artículo, son claramente establecidos en su primer párrafo. "El propósito de este CODIGO en la practica, es salvaguardar la vida de las personas y de las instalaciones, de los peligros originados por el uso de la electricidad. Este CODIGO contiene provisiones que son consideradas necesarias para la seguridad".

Adicionalmente, el artículo 250 del CEN, contiene aprox. 30 páginas que están específicamente dedicadas al tema de puesta a tierra. Otra buena cantidad de artículos, contienen disposiciones sobre el neutro, protección contra transitorios, y detalles para instalaciones específicas. Por otra parte, el CODIGO, no es una especificación de diseño, solo provee información y material importante que debe ser considerado como requerimientos mínimos. Por lo cual el CEN debe ser visto como el estándar mínimo para cualquier instalación.

El diseño de puesta a tierra de un área o instalación, debe reforzarse más allá de los requerimientos del CEN. La resistencia del camino de tierra es crítico para efectos de seguridad de las personas e instalaciones, y muy efectivo para la reducción de interferencias. **Tratando de adaptarse a todo tipo de terrenos (Amplio rango de resistividad), el CEN permite una resistencia de puesta a tierra de 25 ohmios (Ω), para la puesta a tierra eléctrica o de potencia. Este valor no es adecuado para comunicaciones, transmisión de datos y seguridad.** De acuerdo con el libro verde de IEEE, Sección 4 "Los 25 Ω per se, definidos por el CEN, no implican que esto sea un nivel

satisfactorio de puesta a tierra”, lo cual se puede evidenciar en el siguiente ejemplo: Considere que en un circuito de 120 AC, con una puesta a tierra de 25 Ω , tendrá una corriente de falla a tierra de 4,8 Amp. ($125V/25 \Omega = 4,8 \text{ Amp.}$).

Estos circuitos de 120 V AC, son protegidos normalmente con interruptores (Breaker) de 20 Amp., los cuales no disparan con este valor de corriente de falla, por lo cual la falla permanecerá por un tiempo, existiendo el riesgo de un contacto eléctrico de una persona (Corrientazo), cuyo nivel de corriente es suficiente para originar un accidente con consecuencia no previstas, ya que cualquier corriente mayor a seis (6) miliamperios, puede causar serios daños a una persona. Una corriente de 100 miliamperios, puede causar la muerte instantánea. Por lo cual una persona que se acerque a una instalación, donde exista una falla a tierra en las condiciones descritas, está en riesgo de ser afectado por un Corrientazo.

Por consideraciones de seguridad, la puesta a tierra eléctrica, debe ser menor a 5 Ω . Esto asegura que el Breaker o interruptor, vera la corriente de falla a tierra, disparando en el caso de que el conductor de línea, se ponga en contacto con tierra. $125 \text{ V} / 5\Omega = 25 \text{ A}$.

Una buena referencia de la resistencia de puesta a tierra para los circuitos o equipos electrónicos, es un Ohm (1 Ω), esta puede obtenerse de las normas para circuitos intrínsecamente seguros, protegidos con Barreras de diodos en paralelo. En estos sistemas, la resistencia de la barrera no puede exceder un Ohm (1 Ω). Este requisito está incorporado en el Código ANSI RP 12.6-1995. La baja resistencia permite la disipación segura a tierra, de la energía no deseada, incluso los armónicos generados en el circuito protegido.

TIERRA DE REFERENCIA

La interconexión de los sistemas de puesta a tierra es crítica para la integridad de la instalación o planta. El primer criterio que se debe establecer es el punto de referencia para todas las tierras, puentado y apantallamiento de la instalación. Algunos expertos, se refieren a este como **un solo punto de tierra o tierra meta**. Es más apropiado y amplio, referirse a este punto, como **el punto común de puesta a tierra de los numerosos sistemas existentes en la instalación**.

Un punto común apropiado para el punto de referencia, comienza con la barra de tierra enterrada en las afueras del área de la instalación o en la entrada de la acometida (Puede ser la puesta a tierra del generador o acometida que suministra la energía para el área en cuestión). Pruebe la resistencia de puesta a tierra de este punto de referencia. Si, debido a condiciones del suelo, la resistencia de puesta a tierra calculada durante el diseño, no resulta menor de un Ohm (1 Ω), será necesario agregar componentes adicionales (Barras, Conductor, agregado químico al suelo, etc.) al diseño de la instalación de este punto de referencia.

Para lograr un Ohm (1 Ω), se requiere un suelo de muy buena resistividad o con suelo mejorado con agregados químicos. Si la resistencia de puesta a tierra medida durante la etapa de construcción (**Se debe incluir en las especificaciones de construcción la medición de la puesta a tierra**), no resulta menor a un Ohm (1 Ω), mejoras adicionales serán requeridas hasta lograr un valor de puesta a tierra aceptable.

En grandes instalaciones industriales, o aun en instalaciones comerciales grandes, es muchas veces necesario, para la tierra de referencia, diseñar una malla de puesta a tierra por debajo del área o alrededor de toda la instalación, incluyendo el punto de acometida. La construcción y detalles del diseño de este tipo de punto de referencia, para grandes instalaciones o instalaciones particulares, han sido cubiertos por numerosas publicaciones.

El punto de referencia debe ser accesible para facilitar el chequeo de los diferentes sistemas de puesta a tierra interconectados en este punto.

Debido al número de sistema o conductores de puesta a tierra que deberán estar interconectados en este punto, es beneficioso instalar una barra colectora. Para asegurar la integridad de la puesta a tierra, esta barra colectora debe estar aislada de cualquier otro metal que pueda estar en contacto con tierra. En instalaciones complejas, que incluyan todos los sistemas de puesta a tierra, por lo menos once (11) diferentes sistemas deben ser llevados a esta barra colectora. Estos sistemas son:

1. Acero estructural del edificio.
2. Conductor de puesta a tierra de los cerramientos eléctricos.
3. Punto común de los transformadores en estrella, con neutro conectado a tierra.
4. Conductor del neutro del tablero principal de interruptores.
5. Conductor de tierra del sistema de protección de Transientes (Supresores de picos de voltaje).
6. Tierra de referencia del sistema telefónico.
7. Punto común DC de la fuente o fuentes de poder.
8. Punto de tierra de las baterías de respaldo del UPS.
9. Conexión común de la pantalla de los cables de transmisión de datos.
10. Puesta a tierra de circuitos Ac que puedan tener una tierra separada.
11. Malla equipotencial o punto de referencia de puesta a tierra.

La lista por si sola refleja la complejidad del problema que significa el diseño y construcción del sistema de puesta a tierra de una instalación, y destaca la necesidad de la dedicación extra que se requiere para un buen diseño, que generalmente es desarrollada por ingenieros electricistas especializados en esta área.

Muchos de estos sistemas por si solos, tienen un punto único de puesta a tierra; sin embargo, todos ellos deben ser interconectados en el punto de referencia común, para evitar los problemas de diferencia de potencial. Mas aun, el diseño de la interconexión (Punteado), debe estar configurado para evitar las corrientes circulantes y otras fuentes de problemas adicionales para comunicaciones y redes de transmisión de datos.

Aunque una instalación tenga una conexión a tierra, todos los caminos o circuitos de tierra deben ser positivamente identificados. Debido a los problemas de corrientes circulantes, que ya se han mencionado, es importante ubicar cualquier conexión inadvertida a tierra, para aislar cualquier camino redundante que signifique un riesgo para la formación de lazos de tierra y en consecuencia corrientes circulantes.

Otros que no sean las puestas a tierra de los cerramientos o gabinetes, que de alguna forma están anclados a las estructuras, todas las tierras, puentes y conductores comunes de tierra, deben estar aislados de las estructuras en general, las cuales también tienen su tierra particular, esto se hace para evitar corto-circuitar los caminos o circuitos particulares de puesta a tierra de cada

sistema. Para asegurar un puenteado adecuado y reducir los contactos o conexiones flojas, todas las conexiones deben ser apernadas o deben usar soldaduras exotérmicas. Si las tierras aisladas van dentro de un ducto eléctrico (Conduit), el ducto debe ser de material no conductor para eliminar la necesidad de conectar o puentear la tierra con la parte metálica del ducto o conduit.

Una practica común, pero que no es correcta, es la de usar el acero de refuerzo estructural del edificio, como un electrodo de puesta a tierra, esto no es ni efectivo ni adecuado, sin embargo usar el acero de refuerzo del edificio, como una porción del electrodo de puesta a tierra, si es aceptable. Se considera adecuado, usar el acero de refuerzo estructural del edificio, solamente como una porción del electrodo de puesta a tierra, cuando es instalado correctamente durante la construcción. Es también necesario, conectar el acero estructural al punto de referencia de tierra.

De importancia adicional, es el Dimensionamiento del conductor de puesta a tierra, para las interconexiones con el punto de referencia de tierra. La máxima corriente de falla es el punto de partida para este Dimensionamiento. Esta es usada para seleccionar el tamaño del conductor, basado en su valor de resistencia. Sin embargo, la frecuencia (Hz) de los Transientes, también es un aspecto crítico a considerar. La reactancia inductiva del circuito incrementa dramáticamente con el aumento de la frecuencia. Como resultado de esto, la longitud de los conductores y numero de curvas son en algunos casos factores contribuyentes para la selección del conductor.

Cuando este verificando los empalmes con la tierra de referencia, debe asegurarse de que todo los conductos metálicos, tienen una buena conexión eléctrica a los gabinetes, cajas o paneles entre los cuales están instalados. Si no existe una buena conexión con una instalación existente, instale un puente entre el conduit y sus correspondientes gabinetes, cajas o paneles.

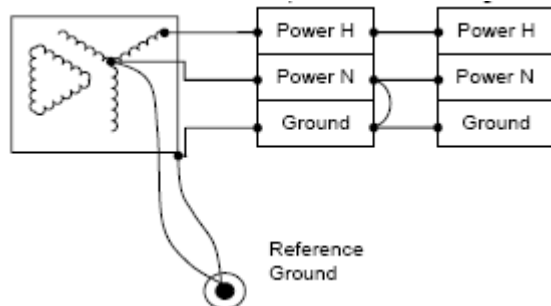
Finalmente, equipos metálicos no eléctricos, que estén cerca de gabinetes, cajas o paneles eléctricos, deben ser Puenteados o conectados a la tierra de referencia. Conecte un puente entre cualquier gabinete, caja o panel que contenga equipos o instalaciones eléctricas, con cualquier otra tubería metálica o equipo que este a menos de cinco pies (5´) de separación horizontalmente o a menos de ocho pies (8´) verticalmente. El conductor de conexión debe protegerse mecánicamente, pero no debe ir dentro de un conduit.

NEUTRO

El neutro, generalmente es un conductor blanco o gris que es intencionalmente conectado a tierra. El neutro debe ser conectado a tierra en el tablero de suministro del servicio eléctrico principal (Tablero principal). Este punto de tierra, debe tener un camino o circuito continuo desde el tablero principal al punto de referencia de tierra. Como se indica en la figura 1, este es el único punto donde el neutro puede ser conectado a tierra en toda la instalación.

Un nuevo punto neutro debe crearse en cada secundario de transformador. Esto se considera una nueva fuente. El neutro será conectado a tierra en cada nueva fuente de suministro definida por cada transformador, como se muestra en la figura 1. Un conductor, entre cada neutro y el electrodo de puesta a tierra, conecta cada neutro con la tierra de referencia.

FIG. 1. NEUTRO



Todas las demás cajas o tableros de los medios de desconexión e interruptores derivados de esta fuente de suministro, deben tener el neutro aislado de las tierras existentes en cada ubicación, puede ser necesario remover el tornillo de conexión a tierra o puente de los neutros que puede existir en estos tableros. Esto aplica para todas las cajas, paneles o tableros de distribución en el edificio o instalación. Si esta conexión se efectúa erróneamente, parte de la corriente de neutro energizará el conductor de retorno de tierra de los transformadores, causando lazos de tierra y problemas de seguridad (Diferencias de potencial que pueden dar corrientazos a las personas que entren en contacto con los tableros).

Modificaciones a un sistema existente pueden ser mejoradas, efectuando un análisis o estudio de armónicos. Altos niveles de distorsión por armónicos pueden hacer necesario incrementar el tamaño del neutro. Puede ser necesario crear nuevas fuentes de suministro con sus correspondientes neutros. También para eliminar o reducir el nivel de armónicos, puede ser necesario instalar filtros o transformadores de aislamiento. Este tópico es tan extenso, que se han publicado numerosos trabajos por parte de especialistas de la IEEE y PCIC, tratando este aspecto exclusivamente.

PUESTA A TIERRA AISLADA

En instalaciones de uso múltiple, gran parte del ruido eléctrico en los sistemas de comunicación y transmisión de datos, es introducido desde el sistema de puesta a tierra. El ruido eléctrico, existe en el circuito de tierra, principalmente por la existencia de equipos con Switchero electrónico y por desbalances en el sistema de potencia eléctrica. En estos casos se hace necesario, construir una puesta a tierra aislada o dedicada para los sistemas de comunicaciones y transmisión de datos. Esto se conoce o es referido generalmente como un sistema de puesta a tierra en triada.

Un sistema de puesta a tierra en triada, consiste en tres barras de cobre sólido enterradas. Estas barras de tierra, se conectan entre ellas, usando alambre de cobre desnudo. Para asegurar una conexión efectiva, y duradera en el tiempo, conecte la barra de tierra al alambre de cobre usando soldadura exotérmica.

Las barras de tierra deben arreglarse formando un triangulo entre ellas, con un espacio entre ellas igual a 2,2 veces su longitud (Para barras de 8 pies, su separación debe ser 17,6 pies, aprox. 5 mts.). La resistencia neta para n numero de barras (R_n), es determinada por la resistencia de una barra (R). Para a calcular la R_n , asumiendo la separación indicada, se usa la formula siguiente:

$$R_n = [R/n] * [2 - e^{-1.7(n-1)}]$$

Donde:

$$e = 2.71828$$

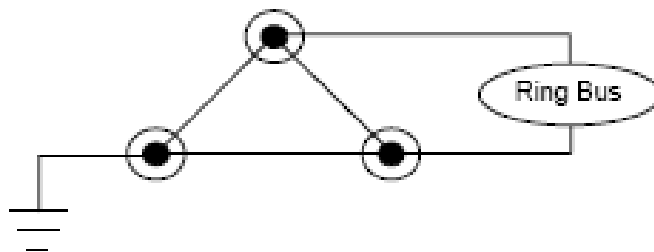
n = Numero de barras de puesta a tierra

Esto representa el decaimiento de la capacitancia asociada con la propagación en los suelos, y esta basada en la resistencia de contacto determinada según la formula de Dwight's.

Con el propósito de mantener este sistema aislado, la triada de barras, debe mantener una separación mínima de cinco pies (5'), de los elementos de puesta a tierra de cualquier otro sistema, como cercas, tuberías, etc.

Para la conexión a los equipos que serán protegidos con este sistema, se debe instalar un conductor de tierra aislado, desde una de la esquinas de la triada al cuarto o compartimiento de equipos de transmisión de datos. Este conductor debe ser continuo, del tipo trenzado, sin empalmes. Repita esta conexión desde otra de las esquinas hasta los propios equipos de la red. Este camino debe ser diferente para reducir la interferencia común. El anillo de conexión a esta triada se muestra en la figura 2.

FIG. 2. TRIADA DE BARRAS AISLADA y CONDUCTORES DE CONEXIÓN AL ANILLO DE TIERRA



No obstante este sistema de tierra se define como aislado, es estrictamente necesaria su conexión con la referencia del sistema de puesta a tierra de potencia, por razones de seguridad. Para lo cual se debe conectar la tercera esquina de la triada de barras, por medio de un conductor de puesta a tierra aislado, al punto de referencia de tierra del edificio o de la instalación. Si todavía así se presenta alguna interferencia, el código permite la remoción de esta conexión.

Todos los conductores de puesta a tierra, deben ser ruteados, tratando de que las curvas tengan un radio mínimo de ocho pulgadas (8"). Mantenga los tendidos de conductor tan rectos como sea posible. Minimice el número de dobleces o curvas. Esto ayuda a la reducción de la inductancia, lo cual se traduce en una reducción de la impedancia en el camino de puesta a tierra para altas frecuencias.

Alambres de cobre estañado enterrados, deben evitarse. Con el tiempo, el estañado puede degradarse, incrementando la resistencia de puesta a tierra

del sistema. Se debe dar especial consideración, a las barras de puesta a tierra de acero, con el propósito de evitar interacción con las puestas a tierra de cobre, las cuales pueden formar una batería electrolítica. Cuando sean usadas, una grapa de conexión Cobre-acero, debe ser usada. Una mejor opción es usar conexiones exotérmicas, para todas las juntas cobre-acero.

BASTIDORES Y BANDEJAS PORTACABLES

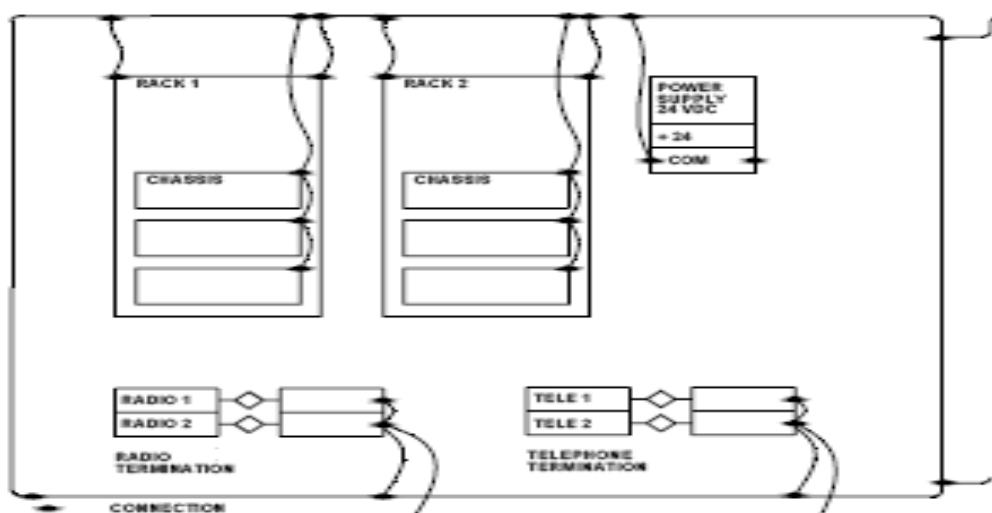
Para instalaciones que utilizan comunicaciones y transmisión de datos, por requerimientos particulares de estos equipos, se utilizan frecuentemente Bastidores especiales que contienen computadores y equipos de comunicación de alta velocidad. Para la puesta a tierra de estos bastidores, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones que son muy diferentes a las usadas para la puesta a tierra de equipos o circuitos de potencia de 60 Hz. El sistema de puesta a tierra para estos equipos debe ser adecuadamente aislado de otros equipos en las instalaciones. Existen tres (3) tipos de conexiones o puesta a tierra que deben manejarse por separado, ellas son: Potencia AC, Bandejas porta cables y el acero del edificio.

Para un diseño adecuado de puesta a tierra, instale una barra colectora como un único punto de puesta a tierra en la edificación o cuarto (Se refiere al área donde están ubicados los equipos de comunicación y transmisión de datos). Para una instalación muy básica, instale una simple barra aislada como barra colectora con el terminal aislado visible para facilitar la verificación y chequeo del sistema.

Se deben traer por lo menos dos (2) conductores de puesta a tierra aislados, desde la triada de tierra aislada al cuarto de redes. Como se indico en la sección anterior, estos conductores deben seguir diferentes rutas. Para sitios donde se haya instalado una sola barra colectora, conecte las dos conexiones de la triada de tierra al punto único de conexión que es la barra colectora. Para sitios con una malla de puesta a tierra, conecte cada conductor a lados opuestos de la malla.

Un canal Portacables en forma de anillo, es algunas veces usado para el sistema de potencia DC y los cables de comunicaciones. Los cables de potencia AC no deben ir en la misma bandeja Portacables que lleva la potencia DC y los cables de comunicaciones, los circuitos AC pueden inducir ruido en los sistemas DC. El canal Portacables, debe ser construido de tal forma que las secciones sean continuas desde el punto de vista eléctrico (Continuidad eléctrica entre secciones). Si el arreglo del canal Portacables, no permite lograr la continuidad requerida, se debe instalar un puente entre las secciones del canal Portacables.

FIG. 3. PUENTEADO O CONEXIONES TIPO LABERINTO



Para un sistema de tierra más robusto, puede construirse un anillo para el cuarto de comunicaciones similar al indicado en la figura 3. Este anillo es simplemente una sección localizada o particular para el área de comunicaciones, integrado a todo el anillo de puesta a tierra de la edificación o planta. El diseño preferido es un anillo dedicado y aislado, con conductor aislado que circunda toda el área. **Conecte el anillo en dos puntos separados, a la triada de tierra aislada.** Cuando exista solamente un bastidor de equipo y un solo cable, un solo conductor puede ser instalado en la bandeja de cables en lugar de un anillo completo. Derive o baje un conductor desde cada sección de la bandeja de cables y conéctelo al anillo principal.

Conecte cada bastidor, hasta el conductor del anillo, en dos puntos separados, con un conductor o ramal que se integra al anillo. En uno de los lados del conductor o ramal del bastidor, fije con un conector este ramal al conductor del anillo. Remueva la pintura del bastidor, donde se hará la conexión, en el otro lado del conductor ramal. Use un conjunto de tornillo, arandela y tuerca para fijar este lado al bastidor.

Cada chasis montado en el bastidor debe ser puenteado al sistema de puesta a tierra. Una cinta metálica de cobre, para la puesta a tierra, puede bajar por los dos lados del bastidor y asegurar con ellas las conexiones a tierra de los diferentes chasis montados en el bastidor. La misma se pone encima del agujero de montaje en el bastidor y detrás de la pestaña de montaje en el dispositivo. Alternativamente se coloca un puente entre cada chasis y el bastidor. Si un equipo se coloca sobre las bandejas o plataformas del bastidor, el equipo debe ser puesto a tierra de igual forma que como se hace para los chasis.

Cada conexión de tierra en la bandeja debe ser efectuada con conectores de presión (Crimp Connectors), para asegurar una conexión firme. El aislamiento de los conductores y conexiones debe reforzarse para evitar contactos o conexiones inadvertidas formando de esa manera lazos de tierra. El conductor de tierra nunca deberá tocar cualquier otro metal, excepto su correspondiente contacto en el punto de conexión. Conexiones o contactos inadvertidos resultan en lazos de tierra abriendo la posibilidad para corrientes circulantes que afectan el funcionamiento normal del equipo.

RED AISLADA DE SUMINISTRO DE POTENCIA

La forma más efectiva para eliminar el ruido en redes de computación y sistemas de datos, es aislar completamente la fuente de potencia y la puesta a tierra de otras perturbaciones eléctricas. Aunque este aspecto no es siempre requerido, el mismo debe considerarse en instalaciones críticas.

Todos los componentes eléctricos de la malla de tierra deben ser aislados del contacto con cualquier otra superficie metálica, incluyendo el acero estructural del edificio o local, y cualquier otro equipo eléctrico.

Un transformador de aislamiento crea un sistema de potencia separado y aísla la red de interferencias del sistema existente, como puede ser el caso de los armónicos impares, y las corrientes circulantes en lazos de tierra. Un

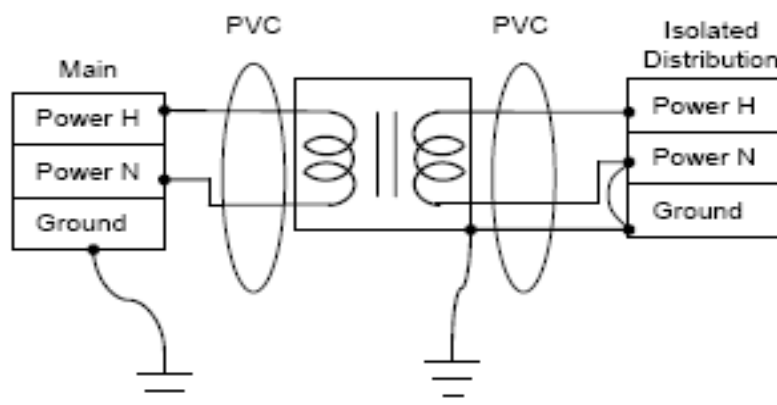
transformador seco con relación 1:1, instalado en el lado de suministro de la fuente de potencia, permite la creación de esta fuente separada o aislada, como se muestra en la figura 4. El tamaño o capacidad del transformador, se define con base a la carga estimada por los equipos que integraran, la red de comunicaciones o de transmisión de datos del bastidor en cuestión.

La alimentación de potencia puede venir de un circuito protegido con su correspondiente interruptor en el panel existente de potencia. La conexión de tierra de la fuente de suministro debe hacerse en conduit de PVC o en bandeja de cables. No conecte, la tierra del sistema de potencia del edificio o local, a este transformador. Conecte con un conductor la estructura o masa del transformador, a la barra de sistema de tierra aislado.

Instale un nuevo panel de distribución eléctrico, para los equipos de la red. El panel debe instalarse sobre una lámina o placa aislada o de material no conductor.

Conecte una puesta a tierra, con un conductor de tamaño apropiado, entre el panel de distribución y el sistema de barras de puesta a tierra aisladas de uso específico para esta red. Cree un nuevo neutro conectando el neutro del transformador hasta el terminal de tierra.

FIG. 4. PUESTA A TIERRA AISLADA Y NUEVO SISTEMA DE POTENCIA



Instale los tomacorrientes requeridos para la red dentro de cada bastidor. Aísle los tomacorrientes de cualquier posible contacto con cualquier otra superficie conductiva. Colocando los tomacorrientes en el bastidor, también se previene de cualquier desconexión accidental, en el caso de que el enchufe estuviera fuera del bastidor. Conecte el o los circuitos de tomacorrientes al nuevo panel de distribución de potencia aislado. Cualquier equipo usado en la red, incluyendo los UPS, deben ser alimentados desde los nuevos circuitos de tomacorrientes. Esto es obligante, para prevenir la entrada de ruido exterior dentro del sistema de comunicación y transmisión de datos en consideración.

Instale supresores de pico de voltaje, en el nuevo sistema aislado. Esto se puede hacer en el nuevo panel de distribución. Use tierra aislada para la conexión a tierra de estos dispositivos de protección.

PROTECCION CATODICA

En algunas áreas las estructuras metálicas o las tuberías de proceso enterradas tienen protección catódica (CP). Las estructuras metálicas en

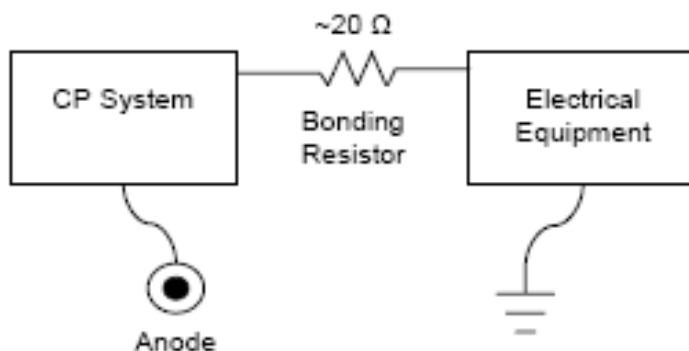
contacto con tierra, algunas veces son un camino de baja resistencia para la puesta a tierra de un sistema eléctrico, por donde pueden circular las corrientes de falla. Sin embargo, el sistema de puesta a tierra del sistema eléctrico, no puede ser conectado directamente, a las estructuras metálicas protegidas con el sistema de protección catódica. Una conexión directa entre las estructuras metálicas protegidas y el neutro eléctrico, se presentara como un corto circuito o una extensión de la protección al resto de estructuras metálicas, interconectadas por la puesta a tierra de estructuras, dejando la instalación que se quiere proteger sin la protección correspondiente, en este caso no se logran los potenciales de protección estimados, obligando una revisión del sistema. Por esta razón, los metales o estructuras conectados a un sistema de protección catódica, deben aislarse del sistema general de puesta a tierra (Tierra eléctrica o de estructuras) y de las estructuras que no requieren protección.

Si fuera necesario conectar equipos protegidos con estos sistemas de protección, con otros equipos eléctricos o estructuras, un diseño que incluya un control para este problema debe ser usado. Para prevenir este problema, una resistencia entre el equipo o estructura protegida y el equipo eléctrico o estructura puede ser usada. Un sistema típico de protección catódica, tiene una resistencia de $2\ \Omega$ con respecto a tierra. La resistencia de unión entre los dos sistemas, debe estar en el orden de los $20\ \Omega$, esto evita que la corriente de protección del sistema de protección catódica, circule entre el equipo o estructura protegida y el equipo eléctrico o estructura general no protegida.

Sin embargo, esta resistencia previene el puentado efectivo entre los dos sistemas durante condiciones transitorias como pueden ser las fallas a tierra del sistema eléctrico.

La figura 5 muestra un enlace entre los dos sistemas, mediante una resistencia.

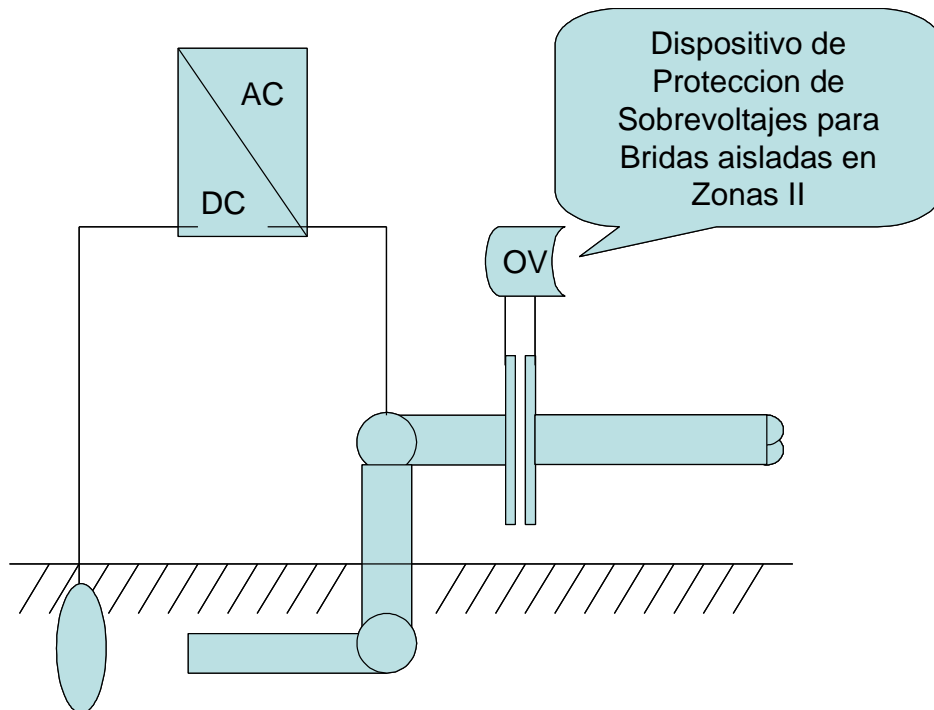
FIG.5. SISTEMA DE PROTECCION CATODICA CON UNA RESISTENCIA DE CONEXION O PUENTEADO



Un sistema de protección catódica, no requiere una conexión particular a tierra, ya que el sistema por si solo ofrece buena protección personal. Un sistema de protección catódica, adecuadamente conectado, tiene una resistencia en su camino a tierra menor a $2\ \Omega$. Esto provee un camino adecuado para corrientes de falla en el caso de que la falla entre por la parte de la estructura protegida con el sistema de protección catódica, no obstante se mantendrá el problema

de las diferencias de potencial, en el caso de que la línea fallada entre en contacto con la estructura en la parte de la tubería de proceso no protegida, o para el caso de descargas atmosféricas, debido a la diferencia que puede existir entre sus resistencias de puesta a tierra (Estructura protegida 2Ω , estructura no protegida entre 0,1 y $10\ \Omega$, dependiendo del valor de puesta a tierra que exista en el área). En el caso de uso de bridas aisladas este problema se hace mas crítico, especialmente en áreas clasificadas, como ZONA II o Clase 1 Div. 2., ya que la separación que queda en la brida aislada, facilita la formación de CHISPAS, que pueden originar un incendio en presencia de una mezcla inflamable. Para este último caso se recomienda el uso de dispositivos especiales de protección ANTI-CHISPAS contra picos de voltaje, que mantienen la separación para los dos sistemas en DC y conducen ante la presencia de corrientes AC, en mayor o menor grado dependiendo de la frecuencia la onda presente. En la figura numero 6, se muestra en detalle este arreglo. El dispositivo recomendado, es del tipo de Switchero Electrónico o del estado sólido, que entre otros beneficios tiene: Elimina el arco eléctrico, conduce a menores valores de voltaje o diferencias de potencial, que los dispositivos o protectores de sobrevoltaje del tipo Gap, Rateado o con capacidad para fallas AC y corrientes de descargas atmosféricas, etc.

FIG.6. Arreglo para Instalación de Dispositivos de protección Anti-Chispa en Áreas ZONA II, cuando se usan Bridas Aisladas



CONCLUSIONES

El diseño de un sistema de Transmisión de datos de buena calidad y el diseño adecuado del sistema de puesta a tierra, deben considerar el neutro o puesta a

tierra del neutro, puesta a tierra del sistema de potencia, puenteado o conexionado entre estructuras y sistemas, apantallado de señales y protección de Transientes.

El CEN, es solamente un requerimiento mínimo, que debe ser considerado como punto de partida, pero estos requerimientos deben ser ampliados para proveer una resistencia menor a 5Ω . Para sistemas de transmisión de datos, mejoras adicionales son requeridas para reducir la resistencia de puesta a tierra a menos de 1Ω .

La referencia de tierra es necesaria para interconexión de por lo menos los once sistemas de tierra identificados, entre ellos: Estructuras, Cajas o cerramientos de equipos eléctricos, centros de estrella en sistemas de potencia, neutros, transitorios, telefonía, datos, baterías, pantallas, tierras aisladas y equipotenciales.

Consideraciones especiales son requeridas para configurar elementos de redes y de comunicaciones debido a la mezcla de señales análogas y digitales. Los tres mayores componentes de un buen diseño son: (1) la puesta a tierra de las cajas o cerramientos, (2) una puesta a tierra equipotencial, y (3) una fuente de suministro de potencia aislada.

Un diseño, consistente con todos estos principios, una buena instalación y mantenimiento de estos sistemas de puesta a tierra, permitirá el control y la reducción de los problemas de ruidos eléctricos.

Maracaibo - Venezuela... 15 -11-2006.

Recopilado, adaptado y traducido por:

Omar Graterol / Ingro. Electricista / CIV: 16518