La malla de tierra es un conjunto de conductores desnudos que permiten conectar los equipos que componen una instalación a un medio de referencia, en este caso la tierra. Tres componentes constituyen la resistencia de la malla de tierra:

•  La resistencia del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra.

•  La resistencia de contacto entre la malla y el terreno.

•  La resistencia del terreno donde se ubica la malla.

Una malla de tierra puede estar formada por distintos elementos:

•  Una o más barras enterradas.

•  Conductores instalados horizontalmente formando diversas configuraciones.

•  Un reticulado instalado en forma horizontal que puede tener o no barras conectadas en forma vertical en algunos puntos de ella.

En la figura N° 5. 1 se muestra un esquema general de una malla de puesta e tierra.

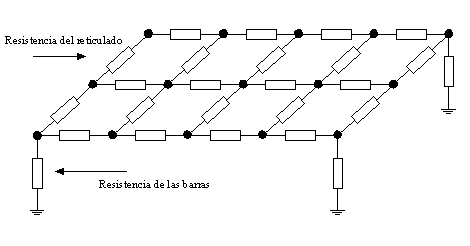


Figura N° 5. 1 Configuración general de una malla.

Las barras verticales utilizadas en la construcción de las mallas de tierra reciben el nombre de barras copperweld y están construidas con alma de acero revestidas en cobre. El valor de la resistencia de una malla de tierra depende entre otros parámetros de la resistividad del terreno. El método más usado para determinar la resistividad del terreno es el de Schlumberger, el cual permite determinar las capas que componen el terreno, como también la profundidad y la resistividad de cada uno de ellos.

5.3.1.- Objetivos de una malla. inicio de la página

Los objetivos fundamentales de una malla de tierra son:

•  Evitar tensiones peligrosas entre estructuras, equipos y el terreno durante cortocircuitos a tierra o en condiciones normales de operación.

•  Evitar descargas eléctricas peligrosas en las personas, durante condiciones normales de funcionamiento.

•  Proporcionar un camino a tierra para las corrientes inducidas. Este camino debe ser lo más corto posible.

5.3.2.- Tipos de mallas. inicio de la página

Se deben distinguir dos tipos de mallas en una instalación eléctrica que son:

•  Mallas de alta tensión.

•  Mallas de baja tensión.

Ambas mallas deben estar separadas de modo que la inducción de voltajes de la malla de alta en la de baja sea £ a 125 V, a menos que la resistencia de cada una de ellas, en forma separada, sea inferior a 1 W , en este caso pueden las mallas conectarse entre sí.

La resistencia de una malla de baja tensión, según la norma editada por la Superintendencia de Servicios Eléctricos y Combustibles (SEC) queda limitada como se muestra en la expresión (5.1).

 (5.1)

Donde:

65V : valor de tensión máximo a que puede quedar sometida una persona cuando sucede un cortocircuito a tierra.

I : valor máximo de la corriente de falla monofásica, definida por la corriente de operación de las protecciones.

5.3.3.- Resistividad equivalente del terreno. inicio de la página

Una forma ideal de realizar cálculos de resistencia y solicitaciones de voltaje para una puesta a tierra ubicada en un terreno de 2 o más estratos, sería de disponer de una resistividad equivalente que transforme un terreno en resistividad ? 1 , ? 2 , …? n y espesores h 1 , h 2 ,…h n-1 . En un terreno homogéneo de resistividad ? eq ; esto, es un terreno que produjera los mismos valores de resistencia y las mismas solicitaciones que el terreno real.

Según el método de Burdoff-Yakobs el cual propone una equivalencia de un sistema de 3 o más estratos, a un sistema de 2 estratos, equivalente dentro de un margen aceptable.

De acuerdo con Burgsdorf-Yakobs, una puesta a tierra compuesta por un conjunto de conductores horizontales enterrados a una profundidad “h” y un conjunto de barras verticales de longitud “l”, se aproxima a una prisma metálico recto en la medida que se incrementa el número de elementos verticales y su resistencia disminuye en forma asintótica hasta un valor mínimo.

Sobre la base antes expuesta, esta equivalencia aproximada a las primeras “n” capas hasta una profundidad de “h”, queda determinado por los siguientes parámetros y expresiones [6]

 (5.2)

 (5.3)

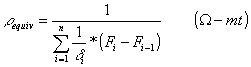
 (5.4)

 (5.5)

 (5.6)

 (5.7)

Finalmente:

 (5.8)

Donde:

A : Area de la malla de puesta a tierra (m)

r : radio equivalente del área de la malla (m)

h : profundidad de la malla (m)

h i : profundidad de la capa i (m)

? : resistividad equivalente del terreno

? i : resistividad equivalente de la capa i (O-mt)

S : área que cubre el perímetro del electrodo de tierra (m 2 )

Para un terreno de 3 capas, la situación de resistividad y profundidad puede clasificarse según la figura N° 5.2.

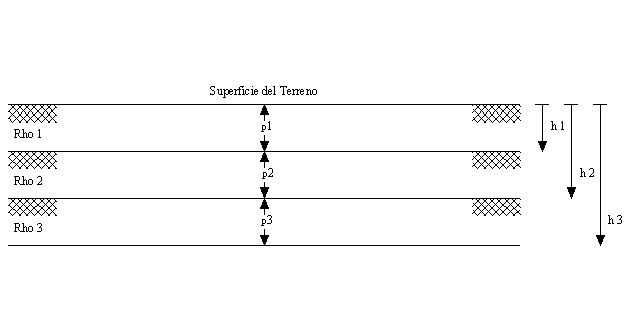


Figura N° 5.2 Configuración de un terreno de tres capas.

La resistividad equivalente de un terreno es dependiente de las dimensiones y ubicación del electrodo y se modifica si cambia su área o profundidad (tabla Nº 5.1).

Tabla Nº 5.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Capa | Resistividad  (O-m) | Espesor  (m) |
| 1 | 85 | 2 |
| 2 | 500 | 5 |
| 3 | 2000 | infinito |

Cuando se desea conocer la corriente durante un cortocircuito a tierra, es necesario que hacer uso de las mallas de secuencia. A partir de las relaciones de corriente de falla monofásica se puede realizar el circuito de la figura N° 5.3.

Disposiciones

PASO 1  
ESTUDIE EL TERRENO  
Esta primera fase del proyecto se logra utilizando un GEOHMETRO de 4 electrodos y empleando la configuración de SCHLUMBERGER sugerido por la Norma NCH4-2003 (o WENNER ) . Debe obtener los datos de resistencia de suelo de a lo menos 12 mediciones resistivas del terreno. El geohmetro entregará resultados expresados en ohm.   
  
PASO 2  
GRAFIQUE SUS DATOS  
A continuación utilizando las ecuaciones matemáticas deducidas del estudio geo eléctrico del terreno y definida por la metodología de SCHLUMBERGER , Ud debe obtener la resistividades ρ de cada muestra del terreno las cuales quedarán expresada ahora en Ωxmt y se denominan resistividad aparente. Esta información muestral se debe graficar en una hoja papel logaritmico de 62,5 mm/decada, en donde el eje X ésta expresado en mts ( espesor auxiliar ) y el eje Y esta expresado en resistividad Ωxmt  
  
PASO 3  
IDENTIFIQUE LOS ESTRATOS  
De la observación de la gráfica de resistividades aparentes obtenida del terreno sondeado y ayudándose de una tabla que clasifica y asigna condiciones lógicas a los puntos de inicio, termino y cambio de sen do de la gráfica podrá saber si los datos representan un terreno de 2, 3 o 4 estratos. El número de estratos es clave para elegir correctamente la curva master apropiada del set de la Curvas de Orellana & Monney, que deberá ser la que más se aproxime a su grafica de terreno. Esto se realiza por comparación de ambas gráficas. La elección correcta de la curva master le dará los datos claves para obtener las variables a, b, c, resistividad auxiliar y el espesor auxiliar. Con estos datos Ud. ya puede calcular las "resisti vidades por estratos" del terreno. Si por ejemplo, se trata de un terreno de 3 estratos o capas, entonces ud deberá calcular 3 resistividades ρ y 3 espesores E.   
  
  
  
PASO 4  
CALCULE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO   
Para lograr este dato que representa la resistividad conjunta de todos los estratos del terreno más el efecto de la presencia de la malla metálica que contribuye con la conducción ionica del terreno, Ud debe emplear la formula matemática de YAKOBS y BURGSDOSRF que requiere los datos obtenidos en el paso 3, además, las dimensiones físicas del electrodo de malla que Ud va proyectar e instalar en el terreno sondeado.  
  
PASO 5  
DEFINA EL ELECTRODO DE MALLA  
Las variables físicas del electrodo de malla, las puede definir a partir de algunos de estos 3 criterios :   
1. A partir de la superficie disponible que exista para instalar la malla en la obra.  
2. Por recomendaciones prácticas sugeridas para terrenos de resistividades promedios de 50,100 o 150 Ωxmt y usar una malla de 16, 25 o 100mt 2 de superficies, respectivamente.  
3. Usar la Tabla 10.24 de la Norma NCH4-2003 que da valores aproximados en ohm para lograr una puesta a tierra (Rpt) dependiendo del largo de la malla para un terreno típico promedio de resistividad equivalente de 100 Ωxmt. Incluso si la resistividad del terreno fuera diferente, el resultado de ésta tabla se multiplicará por ρ/100, obteniéndose una Rpt en función del largo de conductor lo cual nos permite realizar un diseño a partir de éste dato.  
  
  
  
PASO 6   
OBTENGA LA RESISTENCIA PUESTA A TIERRA Rpt   
Para calcular la resistencia puesta a tierra, se debe previamente calcular La resistividad equivalente del terreno influenciado por la malla fisica que se ha de instalar. Utilice la fórmula de SCHWARZ que requiere como datos la resestividad del terreno, largo de la malla, diámetro del conductor, la superficie y los factores de forma de la malla K1 y K2, fácil de calcular.   
  
El resultado de esta ecuación dará el valor teórico o proyectado en ohm de la malla enterrada en el terreno sondeado. Si desea hacer un cálculo aproximado ( para hacer un presupuesto, por ejemplo), entonces use la fórmula de LAURENT que es sencilla de usar, en la cual se cumple la condición Rpt Laurent > Rpt Schwarz. Por tanto, si la Rpt Laurent cumple su requisito de diseño para Rpt, entonces también la cumple SCHWARZ. Según, SCHWARZ, se demuestra que la Rpt depende directamente de la resistencia del terreno (influenciada por la malla), lo cual si agregamos aditivos gel al terreno esta bajará, lo mismo ocurrirá si aumentamos el largo de la malla, es decir introducimos más cobre, con lo cual aumentamos la conducción ionica del terreno. Enterrar la malla más de 0,6 mt se demuestra que no tiene un efecto relevante respecto a la RPT, por la sencilla razón que ésta variable está dentro de un logaritmo natural en la fórmula de SCHWARZ.   
  
Una vez instalada la malla en la obra, proceda a efectuar las mediciones de La Rpt real usando su GEOHMETRO de 4 electrodos y configurando a 3 para medir la resistencia puesta a tierra. Este valor obtenido debe ser menor al calculado en el diseño del proyecto.   
Al ser usado el régimen del neutro TNS, entonces se debe calcular la sección mínima del conductor de la malla que soporte adecuadamente la subida de temperatura a consecuencia de una cortocircuito monofásico o trifásico. Para lo anterior, dice la fórmula de ONDERDONK que relaciona las variables corrientes de falla, tiempo de apertura de la protección, tipo de soldadura de la malla y una constante. La impedancia de falladel lazo cerrado de cortocircuito deberá ser lo suficientemente baja para asegurar la operación de apertura del dispositivo de protección usada, que evite un recalentamiento ( i2·t ) del material eléctrico y un posible incendio.   
  
PASO 7   
ELABORE SU INFORME TÉCNICO   
Al preparar el Informe técnico a su cliente, sea claro y explícito.   
Recuerde que Ud está asesorando y su cliente está comprando "claridad" respecto a un tema técnico que se supone de su dominio. No omita información ni cálculos técnicos, cite fuentes normas y supuestos. La estructura óptima del informe técnico debe seguir a lo menos los siguientes puntos:   
  
1. Antecedentes general del Proyecto   
2. Objetivo del estudio   
3. Metodología usada   
4. Instrumentación, Certificación, Norma, criterios y/o supuestos   
5. Cuadro resumen de resultados finales   
6. Sus CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES respecto a los resultados y consideraciones para implementación del proyecto   
7. Mediciones, Cálculos e información Anexa complementaria.

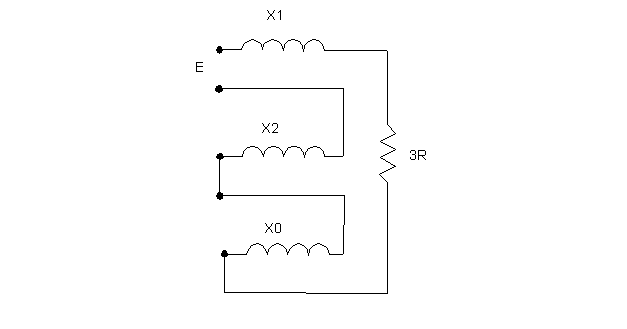


Figura N° 5.3 Conexión de mallas de secuencia considerando la resistencia de falla a tierra.

En la figura N° 5.3, R es el valor de resistencia de tierra, Io el valor de la corriente de secuencia cero. E es la tensión de fase neutro del sistema, antes de producirse el cortocircuito. Mediante un análisis de las mallas de secuencia a través de las distintas relaciones, se puede obtener finalmente la siguiente expresión.

 (5.9)

Donde:

I f : Corriente de cortocircuito monofásica a tierra.

5.3.4.- Resistencia de puesta a tierra. inicio de la página

La resistencia de la malla de tierra de una subestación, depende del terreno en el cual se instale, la superficie de la cubierta, la resistividad equivalente del terreno, el valor de la resistencia de los electrodos, etc.

Según Schwarz, la resistencia de una malla compuesta es:

(5.10)

Donde

R 1 : Resistencia del reticulado

R 2 : Resistencia de las barras

R 12 : Resistencia mutua entre el reticulado y las barras

Para calcular cada una de las resistencias se utilizan las siguientes ecuaciones

(5.11)

(5.12)

(5.13)

Donde:

d : Diámetro del conductor (m)

h : Profundidad de la malla (m)

A : Area que cubre la malla (m 2 )

L 1 : Longitud total de los conductores de la malla (m)

L 2 : Longitud de los electrodos verticales (m)

? : Resistividad del terreno (Om)

n : Cantidad de electrodos verticales

r : Radio de los electrodos verticales (m)

l : Longitud de la barra (m)

Los factores K 1 y K 2 se calculan de acuerdo con las siguientes expresiones.

(5.14)

(5.15)

Donde:

a : Ancho de la malla (m)

b : Largo de la malla (m)

5.3.5.- Seguridad hacia las personas. inicio de la página

El riesgo de muerte de una persona que ha sufrido contacto con algún elemento energizado, depende de.

•  Frecuencia.

•  Magnitud.

•  Duración de la circulación de corriente a través del cuerpo humano.

El tiempo que una persona puede soportar la circulación de una corriente eléctrica a través de su cuerpo, sin sufrir daño corporal (fibrilación ventricular), es bastante corto y puede ser determinada mediante una ecuación experimental dada en la ecuación (5.16)

 (5.16)

Donde:

I k : Valor eficaz máximo de la corriente a través del cuerpo humano (A)

t : Tiempo de duración del contacto (seg.)

0.116 : Constante empírica

Esta ecuación (5.16) permite determinar el potencial máximo al que puede quedar sometido una persona cuando queda sometida a una diferencia de potencial.

La ANSI/IEEE ha propuesto en su forma st.80, una serie de expresiones para el calculo aproximado de la solicitaciones de voltaje en el interior y contorno de una malla a tierra. Estas expresiones se basan en una modelación simplificada de una malla, complementada con estudios experimentales realizados en modelos (cuba electrolítica). Las proposiciones iniciales se han ido modificando en las nuevas versiones de la norma, en la medida que los métodos más exactos disponibles, han indicado diferencias importantes con los valores obtenidos de este método aproximado.

5.3.5.1.- Tensión de contacto. inicio de la página

La tensión de contacto es aquella a la que queda sometida una persona al tocar un equipo energizado (figura Nº 5.4).

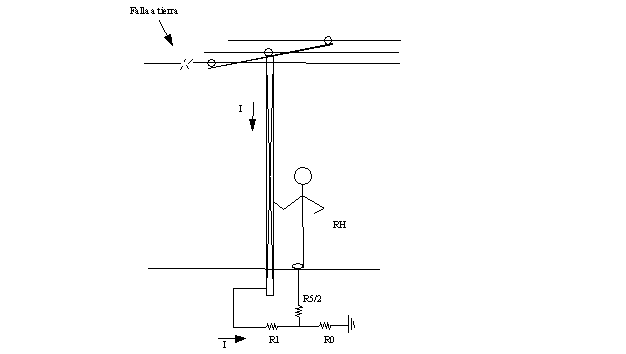


Figura N° 5. 4Tensión de contacto

La máxima tensión de contacto a que puede quedar sometida una persona se determina mediante la ecuación (5.17).

 (5.17)

Donde:

: Tiempo de duración del contacto (seg.)

R p : Resistencia de contacto de un pie con el terreno

Una aproximación aceptada para la tensión de contacto queda determinada por la siguiente ecuación (5.18). La tensión de contacto aproximada deberá ser menor al valor máximo admisible.

(5.18)

El valor de K m y Ki se puede hallar mediante las siguientes ecuaciones

(5.19)

(5.20)

Donde:

D : Distancia entre conductores paralelos (m)

h : Profundidad de la malla (m)

d : Diámetro del conductor de la malla (m)

n : Numero de conductores del lado mayor de la malla

5.3.5.2.- Tensión de paso. inicio de la página

La tensión de paso (figura Nº 5.5) corresponde a la elevación de potencial debido a la corriente de cortocircuito que circula desde la malla al terreno, y aunque a su vez forzara a que circule una corriente por el cuerpo de una persona que se encuentre parada sobre la malla. La tensión de paso se determina para una distancia entre puntos a considerar con separación de 1 metro.

Elementos de una malla de tierra

El sistema de tierra de una subestación se compone principalmente de los siguientes

elementos:

Conductores.

Estos sirven para formarla retícula del sistema de tierras y para realizar la

conexión a tierra de los equipos.

El

conductor, si es de calibre 4

/0

o mayor, no requiere de protección, excepto en casos

donde esté expuesto a daño físico severo. En caso de ser calibre

#

6 debe fijarse a la

construcción o debe correr por un tubo conduit. Los calibres menores, deben correr

si

empre por tuberías conduit. En el caso de las tuberías conduit, éstas deben ser

eléctricamente continuas; esto es, deben estar conectadas a tierra en ambos

extremos.

Estos cables no deben ser de aluminio o de cobre con aluminio porque

se corroen

cuando e

stán en contacto con la tierra o con el cem

ento. Por ello, la Norma Oficial

Mexicana sólo permite el uso de aluminio como conductor desde una altura mínima

de 450 mm sobre el suelo.

Electrodos.

Son la varillas que se clavan en terrenos más o menos bland

os y que sirven

para aumentar la longitud del conductor de la red de tierra en terrenos pequeños o en

terrenos secos para encontrar zonas mas húmedas y, por tanto,

con menor resistividad

eléctrica. Son especialmente importante

s

en terrenos desprotegidos de

vegetación y

cuya superficie, al q

uedar expuesta a los rayos del s

ol, está completamente seca.

Conectores

.

Son elementos que sirven para unir a la red de tierra los electrodos

profundos, las estructuras, los neutros de los bancos de transformadores, etc

.

Los

conectores de conductores de puesta a tierra con los electrodos pueden ser del tipo de

soldadura exotérmica, conectores a presión, abrazaderas u otros medios aprobados

por la Norma Oficial Mexicana y

no deben tener soldaduras con materiales de punt

os

de baja fusión (estaño, plomo, etc.) para evitar falsos contactos, ya que pierde

características de seguridad la malla, si se llegara a abrir.

En nuestro país, se pref

ieren las conexiones exotérmicas (d

e marcas:

Cadweld,

Thermoweld, o Mexweld)

para

redes de tierras de subestaciones de alta potencia.

Las

abrazaderas a usarse en sistemas de puesta a tierra deben ser adecuadas para el

número y tipo de conductores. Además, deben de ser compatibles con los materiales

de

los conductores y los electrodos

de puesta a tierra, y cuando se usen enterradas,

deben ser del tipo apropia

do, generalmente

BURIED

.

En los sistemas de

tierra se utilizan tres tipos de conectores:



Conectores atornillados.

Se fabrican con bronces de alto contenido de cobre,

formando

dos piezas que se unen por medio de tornillos cuyo material está

formado por bronce al silicio que proporciona alta resistencia mecánica y a la

corrosión.



Conectores a presión.

Se forman por una pieza hueca, en cuyos extremos se

introducen las dos terminal

es del cable que se va a empalmar y mediante una

prensa especial, con dados intercambiables según los calibres de los

conductores, se producen la unión al comprimirse el material citado. Estas

conexiones pueden soportar una temperatura máxima de 350°C.



Con

ectores soldados.

Requiere de moldes de grafito de diferentes calibres en

donde por medio de la combustión de cargas especiales, que producen

temperaturas muy altas, se funden las puntas terminales que se van a soldar

provocando una unión que soporta tempe

raturas de fusión del conductor.

Estos conectores son económicos y seguros, por lo que se usan con mucha

frecuencia.

Todos los tipos de conectores deben soportar la corriente de la red de tierra en forma

continua.

1.3

Características de los elementos del s

istema de tierras

Resistencia a la corrosión, para retardar su deterioro en el ambiente donde se localiza.

Conductividad eléctrica, de manera que no contribuya sustancialmente con las

diferencias de potencial en el sistema de tierras.

Capacidad de conducc

ión de corriente, la superficie para soportar los esfuerzos

térmicos durante las condiciones más adversas impuestas por la magnitud y

duración

de las corrientes de

falla.

Resistencia mecánica, que soporte los esfuerzos electromecánicos, además del daño

fís

ico que puedan causar los equipos pesados dentro de la subestación.

1.4 Consideraciones de Diseño

En el diseño de un sistema de tierras existen tres tipos de sistemas a considerar

es

tos

son:

Sistema radial

. Este sis

tema es el más económic

o, pero el menos seguro, y

a que al

producirse una falla en cualquier parte de la subestación se obtienen altos gradientes

de potencial. Se utiliza para corrientes de tierra baja.

Sistema de anillo

. C

ons

iste

en instalar

un cable de suficiente calibre(aprox

imadamente

1

00MCM) alrededor de la superfic

ie ocupa

da por el equipo de la subestació

n,

conectando derivaciones a cada aparato mediante un cable más delgado(500MCM O

4/0 AWG). Es

un sistema menos económico

que el anterior, los potenciales peligrosos

disminu

yen al dispararse la corriente de falla por varios caminos, lo que origina

gradientes de

potencial menores

. Se utiliza para corrientes de corto circuito

intermedias.

Sistema de Malla

. Es el sistema más utilizado en los sistemas eléctricos y consiste,

como

su nombre lo indica, en una retícula f

ormada por cables de cobre

(aprox

imadamente 4/0 AWG), conectada a través de

e

lectrodos de varillas copperweld

a partes más profundas para buscar zonas de menor resistividad. Este sistema es el

más eficaz, pero también

el más caro de los tres.

Otra de las consideraciones es el uso de un sistema combinado de varillas verticales y

conductores horizontales, el cual tiene las siguientes ventajas:

a)

Con los conductores horizontales (malla) se reduce el peligro de los alto

s voltajes de

paso y de contacto en la superficie de tierra, las varillas de tierra estabilizan el diseño

de tal sistema combinado, ya que con la lluvia la resistividad de la capa superior del

suelo puede variar

mientras que la resistividad de las capas pr

ofundas del suelo

permanece constante.

b)

Las varillas que penetran las capas del suelo más bajas son más efectivas para disipar la

corriente de falla, cada vez que un suelo de dos capas es encontrado y la capa superior

del suelo tiene resistividad más alta

que la inferior.

c)

Las varillas moderarán considerablemente el incremento de los gradientes de paso en

la superficie cerca del perímetro de la malla.

1.5 Tipos de Electrodos

Es muy importante tomar en cuenta que por norma, los electrodos de puesta a t

ierra

de los sistemas eléctricos deben estar accesibles y

preferiblemente en la misma zona del

puente de unión principal del sistema. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana, el sistema

de electrodos de puesta a tierra se forma interconectando los siguie

ntes tipos de electrodos

(siempre que existan):

Tubería metálica de agua enterrada.

Estructura metálica del i

nmueble.

Electrodo empotrado en concreto

.

Anillo de tierra

.

En caso de no disponer

de alguno de los ant

eriores, se deben usar uno o más de los

electrodos especialmente construidos:

1.

Electrodos de varilla o tubería

De acuerdo con la NOM los electrodos de varilla y tubo, no deben ten

er menos de

2,40 m de largo y deben instalarse de tal modo que por lo menos 2,40

m de su longitud esté

en contacto con la tierra.

Las varillas de metales no ferrosos deben estar aprobadas y tener un diámetro no

inferior a 13 mm, y las demás de por lo men

os 16 mm. Las tuberías deben tener un diámetro

no inferior a

19 mm, y si son de hierro, deben tener una protección contra corrosión en su

superficie.

Las varillas de acero con un recubrimiento de cobre de 10 milésimas dura un promedio

de 35 años en un su

elo promedio; si tiene un recubrimiento de 13 milésimas dura hasta 45

años. En cambio, una varilla de acero galvanizado tiene una vida estimada de 15 años.

Estos electrodos se aplican al suelo mediante percusión hasta que alcanzan la

profundidad adecuada.

En caso de terrenos rocosos o de tepetate, las varillas no pueden

meterse de esa manera; se doblan o solamente no pueden entrar.

MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES

Es de vital importancia el mantener en buenas condiciones de operación a la subestación eléctrica, como parte central del suministro de energía. Es bien conocido que uno de los factores que contribuyen a la pérdida de productividad y capital económico es la interrupción del suministro eléctrico. Los [mantenimientos programados](http://francor.com.mx/mantenimiento-industrial-especializado/) a la subestación eléctrica, impiden pérdidas y mejoran la calidad del suministro de energía a los equipos.

Algunas de las pruebas que se pueden llevar a cabo como parte de las rutinas de mantenimiento son las de resistencia y factor de potencia. En cuanto al aceite aislante, se suelen incluir pruebas de tensión, rigidez dieléctrica, gravedad específica y contenido o presencia de bifenilos policrorados.

Los sistemas eléctricos de potencia de los que se componen las subestaciones eléctricas, tienen varios componentes y cada uno con características especiales, y éstos forman parte importante de todo el sistema, cumpliendo cada uno con funciones específicas, que en su conjunto generan un funcionamiento completo del sistema.

Con las tareas de mantenimiento a las [subestaciones eléctricas](http://francor.com.mx/mantenimiento-de-subestaciones-electricas/) se busca prevenir y minimizar las pérdidas por falla, recuperar el desempeño y aprovechar la potencialidad del sistema con el que cuenta de diseño, aumentar la vida útil de los componentes del sistema y cumplir con los requerimientos de seguridad, salud y medio ambiente.

La planeación de un mantenimiento implica la revisión de los métodos y procedimientos que se han de llevar a cabo, para cumplir con los objetivos y lineamientos de seguridad que se hallen estipulados. Un [mantenimiento](http://francor.com.mx/mantenimiento-de-subestaciones-electricas/) bien planeado en tiempo y forma, considera: un análisis de probabilidad de falla de los componentes, costos, experiencia con el uso del equipo, recomendaciones por parte del fabricante, análisis de causa raíz por accidentes o incidentes que hubieran sucedido en instalaciones similares o en la misma instalación y disponibilidad de piezas de refacción.

Durante la ejecución de un [mantenimiento a una subestación eléctrica,](http://francor.com.mx/servicios-de-construccion-y-mantenimiento-industrial/) se han de considerar elementos esenciales que incluye cualquier trabajo en que se encuentre involucrada partes energizadas. Entre los principales riesgos con los que se puede tener contacto es: una electrocución, caídas por contacto eléctrico y quemaduras, que van desde lesiones leves hasta fatalidades, de ahí la importancia de una buena planeación.

Mantenimiento preventivo

**. GENERALIDADES**  
  
Con el fin de conservar en buen estado funcional todos los elementos que integran una subestación eléctrica, se realiza el servicio de mantenimiento preventivo; el cual consiste en la revisión física, limpieza, lubricación, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas.  
  
Lo anterior se realiza utilizando el equipo de protección personal, equipo contra arco eléctrico y herramienta adecuada, así como equipos de medición calibrados.  
  
Cabe mencionar que durante la ejecución del servicio, se cumplen las condiciones de seguridad establecidas en la norma NOM-  
  
  
**2. DESCRIPCION DE ACTIVIDADES**  
  
• Maniobras de des-  
• Revisión y limpieza del local, así como del equipo de seguridad.  
• Revisión general y limpieza de todos los componentes de la subestación eléctrica.  
• Revisión, limpieza, lubricación y ajuste de mecanismos de apertura, cierre y disparo.  
• Revisión y apriete de conexiones en general.  
• Pruebas de operación mecánica de cuchillas de paso, seccionador(es) e interruptor(es).  
• Medición de resistencia de aislamiento (megohmetro) a cables de la acometida, apartarrayos, bus, cuchillas, seccionador(es) e interruptor(es).  
• Medición de resistencia de contactos (micro-  
• Medición de resistencia óhmica de fusibles limitadores.  
• Revisión final, retiro de puesta a tierra y energización.  
• Entrega de constancia del servicio realizado.  
  
  
**3. PROPIEDADES  Y/O VENTAJAS**  
  
• Personal técnico calificado y uniformado.  
• Equipos de medición y prueba calibrados.  
• Apriete de conexiones con torquímetro.  
• Uso de equipo de protección personal y traje Arc-  
• Informe de Servicio Digital (PDF).

**. APLICACIONES**  
  
El servicio de mantenimiento preventivo es aplicable a cualquier subestación eléctrica de 15, 25 y 34.5 kV.  
  
  
**5. RECOMENDACIONES**  
  
Se recomienda realizar el servicio de mantenimiento preventivo anualmente, incluyendo las pruebas de resistencia de aislamiento (megohmetro) y resistencia de contactos (micro-

MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

Prolongar la vida útil de las subestaciones eléctricas, en forma tal que garanticen la continuidad y calidad del fluido eléctrico para el usuario,  es el objetivo del servicio de Mantenimiento de subestaciones eléctricas, que ofrece ENERTOTAL a sus clientes y usuarios residenciales, comerciales e industriales.

El servicio abarca tres tipos de mantenimiento: Preventivo, Predictivo y Correctivo. Les contamos  en qué consiste cada uno de ellos:

-Mantenimiento Preventivo: es la serie de actividades orientadas a la preservación y prolongación de vida útil de un activo (subestación, transformador). Se incluyen actividades como revisión, limpieza y maniobra de equipos.

-Mantenimiento Predictivo: actividades orientadas a detectar posibles fallas o defectos de un equipo o material eléctrico.

-Mantenimiento Correctivo: está orientado a la corrección de fallas observadas durante el funcionamiento normal de un equipo o instalación, así como las fallas en la ejecución de algún tipo de mantenimiento.

Durante los procedimientos de mantenimiento se hace la revisión desde el punto de conexión a red de media tensión, celdas de media tensión, tablero general de baja tensión, tableros auxiliares y acometidas de distribución, entre otros equipos eléctricos. Todo en cumplimiento de los protocolos de seguridad, a cargo de personal especializado y de acuerdo a la normatividad vigente.

ENERTOTAL cuenta con equipos de alta gama y con aseguramiento metrológico, para la prestación de algunos servicios de mantenimiento predictivo, que permiten ser más eficientes en las intervenciones preventivas y correctivas en las subestaciones eléctricas donde presta sus servicios.

Sistemas de adquisición de datos SCADA

## Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) - Aplicación

Cinco letras decisivas para el éxito y las perspectivas de futuro de muchas empresas. Se trata de la supervisión de procesos automáticos de una forma tan completa y clara como sea posible. En las empresas energéticas y de fabricación, para fabricantes de alimentación y empresas farmacéuticas. Es una cuestión del control de distintas máquinas de la forma tan directa y precisa como sea posible. A menudo en entornos heterogéneos con distintos "idiomas". Es una cuestión de adquisición de datos de forma rápida y correcta. De máquinas y unidades de control, de sistemas ERP y MES. Desde distintas fuentes a partir de simples listas de texto y tablas hasta software propio. Cinco letras que abren nuevos mundos: **SCADA**, es decir **Control de supervisión y adquisición de datos**. O, para decirlo de otro modo: Visualización, control y recopilación de datos operativos.

## SCADA - integrado verticalmente

**SCADA** ya se aplica al nivel más bajo de automatización. Por ejemplo, los datos se recopilan por medio de sensores y dispositivos de medición, se solicita la configuración. En un nivel superior a esto, los sistemas SCADA permiten la supervisión de valores predefinidos, la entrada de un conjunto de valores y otras intervenciones de control. Los valores recogidos en el nivel más bajo se presentan todo lo comprensible y claramente posible, y permite las intervenciones del usuario. A un nivel superior, los ingenieros obtienen una visión general, planes, documentos y salvaguardan los procesos regulados. Los puntos de datos físicos y calculados forman el marco del sistema SCADA. Proporcionan valores y una marca temporal, lo cual permite la supervisión y el control, así como la generación de informes, a tiempo real o de datos históricos.

## SCADA y la comunicación

Para la comunicación con distintas máquinas, dispositivos y productos de software, los **sistemas SCADA** deben dominar una gama de tecnologías. Desde conexiones de serie sencillas a sistemas de campo de bus a construcciones de red redundante complejas. Los sistemas SCADA a menudo se emplean **conjuntamente con aplicaciones** [**HMI**](http://www.copadata.com/es/esp/productos/product-features/interfaz-hombre-maquina-hmi.html) y la generación de informes a nivel de producción. Los sistemas SCADA deberían dominar no solo todas las normas comunes y estándares como OPC UA, diversos protocolos IEC o Modbus, sino también sistemas propios y hardware distintos.

## Evolución de SCADA

SCADA - control de supervisión y adquisición de datos, es un estado en constante desarrollo. Los sistemas SCADA cada vez garantizan más unos procesos más flexibles, eliminan la tensión sobre el usuario, se encargan de cada vez más tareas rutinarias de forma automatizada, "piensan" junto con la tarea y aumentan la calidad de los entornos de trabajo industriales desde ingeniería automotriz y la construcción de maquinaria a farmacología y alimentación hasta energía y servicios de construcción. Así es como los [sistemas SCADA](http://www.copadata.com/?id=2547) mejoran los entornos de producción y crean automatización.

CENTRO DE CONTROL DE OPERACIONES

Para las empresas de distribución de energía eléctrica, la confiabilidad y seguridad en el suministro de esta a sus usuarios son factores de gran importancia dentro de la administración y mantenimiento del circuito de distribución. Por esta razón, el buen funcionamiento del equipo de protección y distribución determina la calidad del servicio brindado. Cuando se produce una falla en un circuito de distribución eléctrica, cualquiera que sea su naturaleza, ya sea temporal o permanente, el equipo de protección debe ser capaz de identificar la falla y aislar las fallas permanentes de las demás secciones del circuito, desenergizar el circuito donde se localiza la falla, minimizar el tiempo de localización de la falla y disminuir las fallas internas en los equipos. El Proyecto de Graduación se desarrolló con la finalidad crear un sistema de control y monitoreo de los equipos de protección, dada la importancia que tienen dentro del sistema de distribución. El sistema de control y monitoreo permite a los operadores e ingenieros de la empresa tener conocimiento sobre las diferentes variables eléctricas del sistema tales como voltajes, corriente, demandas, factor de potencia, potencia real, potencia reactiva, potencia aparente y valores de energía, así como la capacidad de detección y localización de fallas, permitiendo además el operaciones de control de los interruptores de potencia que así lo requieran. El sistema instalado en la subestación fue implementado como un SCADA, para monitorear las señales de medición de variables eléctricas, operaciones de control sobre los diferentes interruptores del circuito, visualización de alarmas, generación de alarmas acústicas y gráficos de tendencias de las variables eléctricas. Está formado por un sistema SCADA desarrollado en InTouch de Wonderware y un controlador lógico programable encargado de la comunicación vía radio con los equipos instalados en la subestación y el centro de control de la compañía de distribución. Palabras claves: subestación, sistema de control y monitoreo, variables eléctricas, fallas, SCADA, circuito de distribución.