



INSTITUTO TECNOLÓGICO
BOLIVIANO CANADIENSE
“EL PASO”

PROYECTO DE GRADO

IMPLEMENTACIÓN DE PUESTA A TIERRA PARA EL TALLER DE
SOLDADURA DE LA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DEL
INSTITUTO TECNOLÓGICO “EL PASO”

*Trabajo de proyecto de grado para optar al Grado Académico de Técnico Superior en
Mantenimiento Industrial*

POSTULANTE(S):

Juan Marcelo Arteaga Garcia

TUTOR:

Ing. Enrique Espinoza



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, a quien le debo toda mi vida, por el gran apoyo que me brindan, a ustedes quienes han sabido formarme con buenos hábitos y valores. De igual forma a mis docentes, gracias por su tiempo, y por sus enseñanzas.



AGRADECIMIENTOS

Para poder realizar este proyecto de la mejor manera posible fue necesario del apoyo de muchas personas a las cuales quiero agradecer. En primer lugar, a mis amados padres, Gilberto y Herminia, quienes me brindaron su apoyo tanto moral, como económico para lograr este objetivo y ser orgullo para ellos.

A mis hermanos, Lizzeth, Gabriel, José, Karen a quienes admiro y quiero mucho.

Al instituto boliviano-canadiense “El paso” por brindarnos un a formación de alto nivel.

De igual manera a todos los docentes que me acompañaron en mi formación y en especial a mi tutor Ing. Enrique Espinoza.

RESUMEN

En este proyecto se realizará el diseño y puesta a tierra en los predios del instituto tecnológico boliviano canadiense "el paso", la instalación estará ubicada en taller de soldadura de la carrera de mantenimiento industrial, debido a que el mismo no contaba con dicha instalación. Para ello, se implementará un aterramiento y pararrayos, al sistema eléctrico, con la finalidad de proteger a los usuarios que manipulan las maquinas y herramientas con las que cuenta el taller de soldadura.

¿en qué consiste el proyecto?

En la implantación de puesta a tierra en el taller de soldadura de la carrera de mantenimiento industrial, con el fin de proteger a usuarios y de riesgo eléctrico.



Contenido

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	7
DIAGNOSTICO, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	9
Antecedentes.....	9
PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA TÉCNICO/TECNOLÓGICO.....	9
Planteamiento del problema	9
Matriz FODA	10
ANÁLISIS CAUSA- EFECTO	10
ENFOQUE METODOLÓGICO	11
Matriz de diseño metodológico	11
Justificación	12
Económica.....	12
Técnica.....	12
Social.....	12
OBJETIVOS.....	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	13



ALCANCE.....	13
Marco Teórico.....	14
Tipos de sistemas.....	15
SELECCIÓN DEL CABLE A UTILIZAR	22
CONCLUSIONES.....	33
FUENTES DE INFORMACION Y BIBLIOGRAFIA	34
ANEXOS	35



INTRODUCCIÓN

El Tecnológico Industrial Boliviano Canadiense “El Paso” es una entidad educativa de formación profesional, fundada el 21 de marzo de 1984 y equipada por la Misión canadiense el 27 de octubre de 1986, dependiente del Sistema Nacional de Educación Técnica y Tecnológica (SINETEC), organismo que se encarga de planificar, dirigir y administrar la educación técnica pública en el país. es una institución pública que se dedica a la formación de técnicos, profesionales íntegros y competitivos en el área productiva industrial, comprometidos con la conservación del medio ambiente y capaces de responder al sector productivo regional y nacional, que capacita a sus alumnos con un 80 por ciento de práctica y un 20 por ciento de teoría El instituto actualmente se encuentra en la localidad de Quillacollo – el paso, y el instituto cuenta con 6 carreras, donde actualmente tiene 1800 alumnos la carrera de Mantenimiento industrial se creó en Noviembre el año 2010, contando con un alumnado de 30 personas, impulsado por la carrera de Mecánica industrial. Donde de a poco fue creciendo actualmente cuenta con 150 alumnos, la carrera de Mantenimiento Industrial es una profesión relacionada con los procesos de las máquinas industriales en las empresas de todos los rubros y está orientada a realizar el mantenimiento de las mismas para brindar disponibilidad y confiabilidad para el buen funcionamiento de todos los equipos de esta área. Su creación surge de la necesidad de anticiparse a la revisión de maquinaria industrial para prevenir desperfectos de bombas, compresoras, cintas transportadoras, trituradoras, intercambiadores de calor, equipos de transporte de alimentos, entre otros.

La función del sistema de puesta a tierra (SPT) es garantizar la seguridad de las personas y protección de los equipos, eso hace que, en todo diseño, se fije una resistencia objetivo. En nuestro país, a veces por la premura del tiempo, se establecen diseños de puesta a tierra sin realizar un análisis de la ¹resistividad del terreno y de las normas que existen para su diseño. En la actualidad, varias empresas de distribución eléctrica como la Empresa Eléctrica de Quito S.A., Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., y Empresas Eléctricas de Colombia estudiadas en [12], toman un valor de referencia de máximo 25 ohmios para la resistencia de puesta a tierra, este valor que también se indica en el Código Eléctrico Nacional (NEC, por sus siglas en inglés) [9], se basa en la resistencia máxima para un solo 2 electrodo; y en el caso de obtener una resistencia mayor recomienda adicionar otro. Sin embargo, en la práctica, en muchas ocasiones no basta con dos

1



electrodos para obtener el valor de resistencia deseada, por lo que se adicionan más electrodos de forma arbitraria sin un completo conocimiento de su efecto. De tal manera que puede resultar en un sobredimensionamiento del sistema de puesta a tierra, que involucra gastos innecesarios. Hoy en día existen fórmulas que permiten diseñar las configuraciones del SPT estimando ya el valor de la resistencia a ser esperada; sin embargo, esto no siempre se aplica debido a que se tienen muchas variables para el diseño y algunas pueden ser imprácticas o innecesarias. Como por ejemplo se conoce que, con un gran incremento del radio del conductor, o con un incremento en su profundidad de enterramiento no se consiguen mejoras significativas en el valor de resistencia de puesta a tierra [15]. En este proyecto se determinan diseños de puestas a tierra en base a la experiencia ganada a través de numerosas pruebas de campo, cálculos y mediciones. Usando materiales comunes en la práctica, existentes en la región, y su resultado será de gran utilidad cuando se necesite conocer un diseño práctico de puesta a tierra para obtener un valor de resistencia esperado, sin la necesidad de recurrir a programas complejos y con demasiadas variables. Además, se pone en práctica los principales métodos de medición de la resistividad del terreno y de la resistencia de puesta a tierra. Este proyecto satisface la necesidad de la creación de una guía con diseños de SPT recomendados para los diferentes valores de resistividad del terreno que se pueden encontrar en la práctica, los diseños pueden incluir varillas y conductores, electrodo químico, o la implementación de un tratamiento del terreno para reducir la resistencia de puesta a tierra. Teniendo así, configuraciones y recomendaciones para una instalación a bajo costo, a la cual puedan acceder ingenieros, técnicos y estudiantes.



DIAGNOSTICO, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Antecedentes

En el T.I.B.C.(Tecnológico Industrial Boliviano canadiense), en su carrera de mantenimiento industrial, construyó su taller de soldadura, el mismo cuenta con 6 equipos de soldadura con tecnología de *soldadura por arco con electrodo metálico revestido* (SMAW, por sus siglas en ingles), y Soldadura oxiacetilénica (OAW, en sus siglas en ingles). Estas maquinarias requieren la instalación utilización un sistema de puesta a tierra para su correcto funcionamiento y sobre todo para proteger a los usuarios de posibles riesgos eléctricos y salvaguardar su integridad física y además como elemento de protección de sobre cargas en los circuitos que lo conforman a las maquinarias.

PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA TÉCNICO/TECNOLÓGICO

Planteamiento del problema

Actualmente las instalaciones eléctricas pasan por un proceso el cual debe cumplir con la normatividad vigente. El cumplimiento de estas normativas evita que ocurran fallas eléctricas y accidentes. En cualquier tipo de instalación eléctrica, se debe de contar con un sistema de puesta a tierra, el cual sirve para evitar que el sistema eléctrico sufra daños provocados por fallas, ya que provee un punto de referencia para mantener un valor fijo de voltaje bajo condiciones normales y se encarga de transportar las corrientes inducidas por falla hacia el suelo, evitando que estas se propaguen por la instalación, manteniendo los gradientes de potencial en valores bajos. Es por esta razón que, las industrias deben implementar un sistema de puesta a tierra, para mantener su instalación bajo normatividad y así evitar a cualquier tipo perdidas, ya sean materiales o en el peor de los casos pérdidas humanas. Al no contar con un buen sistema de puesta a tierra, se pone en peligro a la instalación, debido a fallas que provocan variaciones de voltaje que afectan los equipos instalados, y a los trabajadores, al no tener un punto de referencia a tierra que desenergice

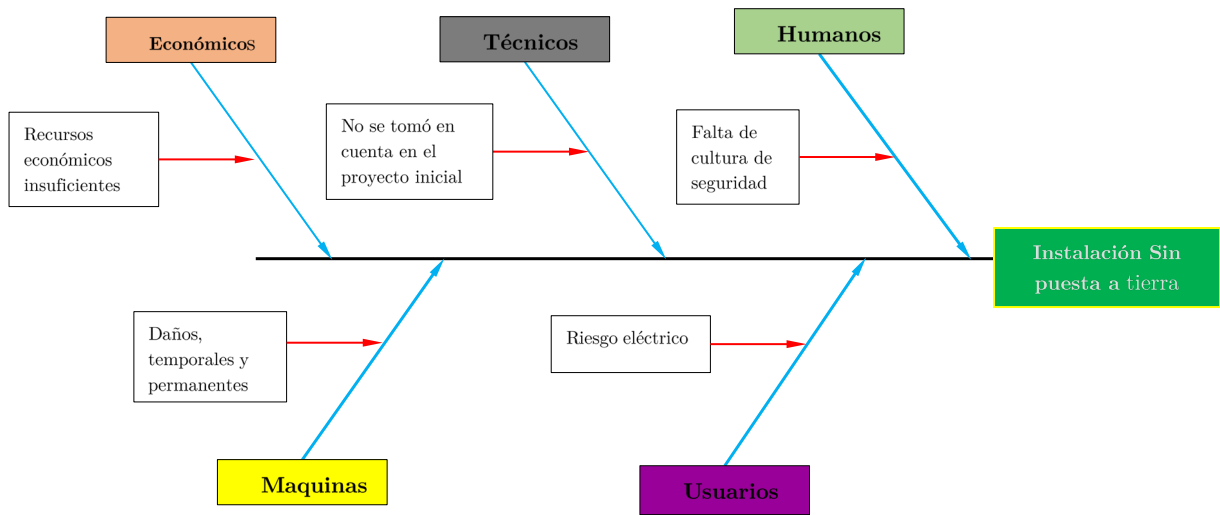
toda superficie metálica que conduzca corriente por lo cual cualquier persona sufriría una descarga eléctrica, por lo tanto, se requiere de un sistema de puesta a tierra óptimo, que sea capaz de evitar fallas que afecten el óptimo funcionamiento de la industria.

Ya que, las instalaciones eléctricas del taller de soldadura del T.I.B.C, no disponen de una puesta a tierra en sus instalaciones y como proyecto de grado, se propone realizar un sistema puesta de tierra según normativa boliviana para las instalaciones del taller.

Matriz FODA



ANÁLISIS CAUSA- EFECTO



ENFOQUE METODOLÓGICO

Matriz de diseño metodológico

¿Que?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Por qué?
Tipos de puesta a tierra	En el taller de soldadura de la carrera de mantenimiento industrial	El proyectista	Visualizando mediante libros o internet	para poder realizar el proyecto de grado
Colocar un sistema a tierra	en el lugar designado del taller de soldadura	El proyectista	Mediante el tipo de sistema que use	Para poder empezar el dicho proyecto
Realizar obra civil	en el taller de soldadura de la carrera de mantenimiento industrial	El proyectista	Mediante la excavación de suelo y dicho tratamiento	Para poder colocar la barra de cobre para el aterramiento



análisis de costos	En el programa de Excel	El proyectista	Mediante los gastos que vaya realizando	Para poder tener un costo aproximado de dicha implementación
Realizar un plan de mantenimiento	En el programa de Word	El proyectista	Realizando un plan de mantenimiento preventivo	Para poder realizar cada cierto tiempo una verificación de la resistencia

Justificación

Económica

Una instalación de puesta tierra evitará gastos de mantenimiento precoz, reparaciones y daños irreparables en las máquinas y herramientas del taller. Además, lo mas importante gastos de atención de hospitalarias por electrocución en operarios del taller.

Técnica

La ejecución del proyecto permitirá contar con un sistema de protección en maquinarias, y herramientas existentes en el taller.

Social

Este proyecto beneficiará a cada alumno de la carrera de mantenimiento industrial del INSTITUTO TECNOLÓGICO “el paso” de nivel 300 y personas que lo utilicen a posibles riesgos eléctricos, gracias a la puesta a tierra, que se colocará en el taller de soldadura.

OBJETIVOS

Objetivo General

- ❖ Realizar una implementación de puesta a tierra para el taller de soldadura, en la carrera de mantenimiento industrial

Objetivos Específicos

- ❖ Definir los tipos de puesta a tierra existentes
- ❖ Realizar y diseñar un sistema de puesta a tierra industrial
- ❖ Realizar obra civil para el aterramiento
- ❖ Realizar propuesta económica del proyecto
- ❖ Realizar un plan de mantenimiento

ALCANCE

Realizar la implementación de una puesta a tierra, de 3 a 5 OHM, según la norma boliviana, que será en el taller de soldadura, de la carrera de mantenimiento industrial, en el tiempo de 1 mes y 10 días, de acuerdo con las especificaciones técnicas adjuntas

Capítulo 2

Marco Teórico

Puesta a Tierra: “Es toda aquella conexión intencional del sistema eléctrico con un elemento considerado tierra. Es aplicada a todo el equipo o parte de una instalación eléctrica (neutro, centro estrella de transformadores o generadores, carcazas, incluido también una fase para sistemas en delta, entre otros sistemas), que posee una conexión intencional mediante un elemento mejor conocido como puesta a tierra.”

Conductor de Puesta Tierra:” Se define de esta manera al conductor que es conectado sólidamente de manera intencional a una puesta a tierra, para conectar a tierra los diferentes puntos de una instalación.”

Resistividad del Suelo: “Mediante este término se define a la resistencia específica del suelo a cierta profundidad, pudiendo ser también un estrato del suelo; se obtiene indirectamente mediante mediciones realizadas en un determinado campo; su magnitud se expresa en (Ω m) u (Ω cm) , es inversa a la conductividad. Entonces la resistividad

eléctrica (ρ) es la relación que se da entre la diferencia de potencial en

un material y la densidad de corriente que resulta en el mismo.”

Resistividad Aparente: “Se trata de la resistividad que se obtiene con una medida directa en el suelo natural, realizado por el método de cuatro electrodos, aplicando circuitos de tipo independientes, de corriente y potencial, siendo solo representativo para un punto del suelo.”

Resistencia mutua entre Electrodo: "Es aquel fenómeno resistivo que aparece entre electrodos de puesta a tierra o puntos próximos ubicados en el suelo, hay que tener en consideración que la corriente que se dispersa a través de uno de ellos, modifica el potencial del otro, su unidad de medida es el Ohmio (Ω)."

- ❖ Propósito de un Sistema de Puesta a Tierra
- ❖ "El propósito de un sistema de puesta a tierra se puede resumir en lo siguiente:
- ❖ Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- ❖ Asegurar que los seres vivos presentes no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- ❖ Permitir la conducción a tierra de cargas estáticas o descargas atmosféricas.
- ❖ Garantizar a niveles seguros los valores de la tensión a tierra de equipos o estructuras accidentalmente energizados y mantener en valores determinados la tensión fase-tierra de sistemas eléctricos, fijando los niveles de aislamiento. Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.
- ❖ Por otro lado, en el interior de instalaciones es también necesaria una conexión a tierra, para asegurar la correcta operación del equipo por ejemplo dispositivos electrónicos. Es primordial considerar la puesta a tierra como un sistema completo y asociado al sistema eléctrico por lo tanto hay que diseñarla e instalarla de la manera adecuada."

Métodos de puesta a Tierra

"Hay que considerar la puesta a tierra de redes de potencia. Lo primero, ya que el método de puesta a tierra de estas redes influye fuertemente el método subsiguiente escogido en el interior de construcciones residenciales, comerciales o industriales.

Para realizar el diseño de puestas a tierra es necesario conocer las diferentes técnicas, que se desarrollarán en función de todos los detalles de los puntos que siguen a continuación:"

Tipos de sistemas

Hay ciertos métodos determinados para efectuar una conexión a tierra, los cuales reciben definiciones estándares. Cada uno se identifica por un código que contiene las siguientes letras:

T: tierra, conexión directa a tierra.

C: combinada

S: separada

N: neutro

TN-S: En este tipo, el neutro de la fuente tiene un único punto de conexión a tierra en el transformador de alimentación. Los cables de alimentación tienen neutro separado del conductor de tierra de protección. Generalmente, el conductor de neutro es un cuarto

“conductor” y el conductor de tierra forma una vaina o cubierta protectora (conductor PE). Este era el arreglo estándar antes de la introducción de los sistemas de puestas a tierra de protección múltiple

TN-C-S: En este tipo, y mediante la Figura 1-4 se puede observar que el neutro de la alimentación es puesto a tierra en varios puntos. El cable de alimentación tiene una pantalla metálica externa que combina neutro y tierra, con una cubierta de PVC. La pantalla que combina neutro y tierra es el conductor tierra de protección del neutro.

PNB: Conocido como conexión a neutro de protección. Este es una variación del sistema TN-C-S en que el cliente o usuario dispone de un terminal de tierra conectado al neutro de la alimentación, pero el neutro se conecta a tierra en un único punto, normalmente cerca del punto de alimentación al cliente. Se reserva el uso de este arreglo cuando el cliente tiene un transformador particular,

TT: Este es un sistema donde la alimentación se pone a tierra en un único punto, pero se puede notar que la pantalla del cable y las partes metálicas expuestas de la instalación del cliente están conectadas a tierra vía un electrodo separado que es independiente del electrodo de alimentación, su constitución

IT Este es un sistema que no tiene conexión directa entre partes vivas y tierra pero con las partes conductivas expuestas de la instalación conectada a tierra. En algunas ocasiones se proporciona una conexión a tierra de alta impedancia para simplificar el esquema de protección requerido para detectar la primera falla a tierra (**Fuente:** <https://dspace.ups.edu.ec> › UPDF Diseño y construcción de puestas a tierra para el Colegio)

Método de las 3 jabalinas:

El método de 3 puntos o variación de la profundidad, se realizan varias mediciones de la resistencia de puesta a tierra en correlación con el incremento de profundidad de una varilla de tierra y se calcula la resistividad

Haciendo uso de la fórmula:

$$\rho_a = \frac{2\pi \cdot L \cdot R}{Ln\left(\frac{4L}{r}\right) - 1}$$

Dónde:

ρ_a : Resistividad aparente (Ω/m)

L: longitud del electrodo enterrado (m)

r: diámetro del electrodo (m)

R: valor medido de la resistencia

Tierra Remota: Conocida también como Tierra de Referencia, es el lugar, espacio o la zona de mínima resistencia, más cercana del suelo subyacente a una instalación eléctrica o a una puesta a tierra, respecto de las cuales se le atribuye por convención el valor del potencial cero.

Electrodos de tierra

Un electrodo de tierra es aquel componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno proporcionando un medio para descargar o absorber cualquier tipo de corriente de fuga a tierra. Se requerirá normalmente en los sistemas puestos a tierra, llevar una corriente de falla bastante grande por un corto período de tiempo y, en consecuencia, se necesitará tener una sección suficientemente grande como para ser capaz de llevar esta corriente en forma segura. Deben tener los electrodos propiedades mecánicas y eléctricas adecuadas para continuar respondiendo a las solicitudes durante un período de tiempo relativamente largo, en el cual es difícil efectuar ensayos reales o inspección alguna. El material deberá poseer una buena conductividad eléctrica y no corroerse.

Los materiales usados son: cobre, acero galvanizado, acero inoxidable y hierro fundido, el cobre generalmente es el material preferido, el aluminio se usa algunas veces para conexiones fuera del terreno, pero la mayoría de los estándares prohíben su uso como electrodo de tierra debido al riesgo de corrosión acelerada. El producto corrosivo deja de ser conductivo y reduce la efectividad de la puesta a tierra. El electrodo puede tomar diversas formas pudiendo ser estas: barras verticales, placas y conductores horizontales. A continuación, se describen las formas más comunes.

Barras o electrodo vertical (picas)

Es la forma más común de electrodos, porque su costo de instalación es relativamente bajo y pueden usarse para alcanzar en profundidad un suelo de baja resistividad, sólo con excavación limitada y relleno. Están disponibles en diversos tamaños, longitudes, diámetros y materiales. La barra está elaborada de cobre puro o de acero recubierto de cobre. El tipo recubierto se usa cuando la barra se entierra por medios mecánicos (impacto) ya que el acero usado tiene alta resistencia mecánica. Hay que tomar en cuenta que la capa de cobre debe ser de alta pureza y aplicada electrolíticamente, esto asegura que el cobre no se deslice

al enterrar la barra. En condiciones de suelo más agresivo, por ejemplo, cuando hay alto Contenido de sal, se usan barras de cobre sólido. Las barras de acero inoxidable son más anódicas que el cobre y se usan ante riesgo de corrosión galvánica. Hay que tomar en consideración el hecho que el acero inoxidable tiene baja capacidad de transporte de corriente en comparación con el cobre

Placas y Mallas

Son utilizados varios tipos de placas o de mallas para propósitos de puesta a tierra, pero el único tipo que se considera generalmente como electrodo debe ser sólido y de tamaño sustancial. Las placas tipo enrejado, tal como se muestra en la Figura 1-8, se usan para graduar potenciales y no se espera que permitan el paso de niveles de corriente de falla significativos. Normalmente se construyen mallas de cobre o de acero recubierto.

Métodos de Instalación

Cuando se realizan los trabajos de instalación de los electrodos de tierra, se deben satisfacer tres condiciones:

- ❖ El trabajo debe ser realizado eficientemente para minimizar costos de instalación.
- ❖ El terreno o material de relleno usado no debe tener un índice de acidez pH que cause corrosión al electrodo, además deberá tener un valor bajo de resistividad
- ❖ Todas las uniones o conexiones bajo tierra deben ser construidas de modo que no se presente corrosión en la unión o conexión.

El método de instalación, relleno y conexiones que se detalla en los siguientes párrafos de dependerá del tipo de sistema de electrodos que se usará y de las condiciones del terreno.

Planchas

A comienzos de siglo, las planchas eran tan comunes que a todos los electrodos de tierra se les llamaba planchas de tierra. Cuando se incrementó el uso de la electricidad, las planchas debieron manejar corrientes mayores, lo cual significó aumentar las dimensiones de la plancha. Su uso continuó por un tiempo considerable, principalmente debido a la costumbre y la práctica, a pesar de que tenían algunas desventajas. Por ejemplo, generalmente requieren excavación manual o mecánica y, por lo tanto, el costo de instalación puede ser muy alto.

Para reducir la magnitud de la excavación requerida, las planchas se instalan normalmente en un plano vertical, desde aproximadamente 0,5 metros bajo la superficie. Es fácil compactar el terreno contra la plancha cuando se rellena, si está instalada verticalmente. Si las planchas tienen que llevar una cantidad importante de corriente, entonces su resistencia necesita ser de bajo valor. En la práctica, las resistencias combinadas no eran aún lo suficientemente bajas y las corrientes de falla generalmente seguían otras rutas. De esta manera, por lo tanto, en

esta situación no se cumplía la mejor densidad de corriente, señalada como una ventaja para las planchas. Usualmente podía lograrse un arreglo mejor

Electrodos horizontales:

Los electrodos horizontales pueden ser instalados en surcos directamente en el terreno o más frecuentemente en zanjas de hasta un metro de profundidad. El uso de equipo de excavación mecánica de pala angosta puede resultar en costos de instalación menores, en sitios donde esto es posible. La profundidad de instalación tiene normalmente un mínimo de 0,6 metros y más si es necesario pasar bajo el nivel de cultivo o de escarcha en zonas heladas. En algunos proyectos grandes, toda el área puede ser excavada para permitir obras civiles. Esto presenta a menudo una buena oportunidad para minimizar costos tendiendo el conductor del electrodo de tierra en ese momento. Hay que tener cuidado de prevenir el daño o robo del conductor, una vez tendido

El comportamiento de los electrodos de Tierra

Al realizar el trabajo de elaborar un sistema de puesta a tierra, uno se enfrenta normalmente con dos tareas: lograr un valor requerido de impedancia y asegurar que los voltajes de paso y contacto son satisfactorios. Algunas veces en la mayoría de los casos habrá necesidad de reducir estos valores. En un principio, el diseñador se debe concentrar en obtener un cierto valor de impedancia. Este valor puede haber sido definido por consideraciones de protección.

Los factores que influyen la impedancia son:

- ❖ Las dimensiones físicas y atributos del sistema de electrodos de tierra
- ❖ Las condiciones del suelo (composición, contenido de agua, etc.)

Consiste entonces el sistema de puesta a tierra en un material conductor fuera del terreno (conductores de conexión, etc.), electrodos metálicos enterrados y el terreno mismo. Cada uno de estos componentes contribuye al valor de impedancia total. Nos referiremos en primer lugar a las componentes metálicas del sistema de puesta a tierra y más adelante en el desarrollo de este capítulo se discutirá la situación del terreno. Es muy importante

Equipo necesario (telurómetro megger)

En los sistemas de electrodos de pequeño y mediano tamaño es conveniente un probador de resistencia a tierra normal compuesto de cuatro terminales. Este puede ser el mismo instrumento usado para medida de resistencia de terreno. Hay dos terminales de potencial, P1 y P2 y dos terminales de corriente, C1 y C2, cuatro estacas de tierra y algunos rollos de cable.

Estos instrumentos normalmente miden sólo el valor resistivo de la impedancia del

electrodo. Para proteger el instrumento contra posibles sobrevoltajes durante el período de prueba, los instrumentos modernos incluyen un fusible de 100 mA en el circuito de los cables de prueba (terminales C2 y P2). Si el instrumento no se proporciona con estos fusibles, se recomienda conectarlos externamente.

Seguridad

Consideraciones de Seguridad en los procedimientos de medida de la

Resistencia de puesta a Tierra (RPT)

Cuando se esté efectuando el proceso de medición de la resistencia de puesta a tierra se podría quedar expuesto a gradientes de potencial letales que pueden existir entre la tierra a medir y la tierra remota. Motivo por el cual es muy importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ❖ No se deberán realizar mediciones en condiciones atmosféricas adversas.
- ❖ Debe estar la puesta a tierra desconectada de las bajantes de los pararrayos, del neutro del sistema y de las tierras de los equipos.
- ❖ Antes de efectuar la medición, debe medirse la tensión originada por corrientes expurgas, debiéndose tener muy en cuenta que, si esta supera los 30 V, no debe medirse la resistencia y deberá localizarse la falla.
- ❖ Deberá el operario utilizar guantes aislados y calzado con suela dieléctrica.
- ❖ Principalmente uno de los objetivos de la medición es establecer la localización de la tierra remota tanto para los electrodos de potencial como de corriente, es así que de esta manera, las conexiones de estos electrodos deben ser tratados como una fuente de posible potencial entre los cables de conexión y cualquier punto sobre la malla.
- ❖ En ninguna circunstancia se deben tener las dos manos o partes del cuerpo humano que complete o cierre el circuito entre los extremos de posible diferencia de alto potencial.

SELECCIÓN DEL CABLE A UTILIZAR

Según NB-777, el cable a utilizar para la conexión entre el Puente de Regulación y Medición y la jabalina es el AWG #3

Instalación de puesta a tierra de servicio

Instalación de tierra, utilizada para el funcionamiento de equipos electrónicos de control, procesamiento de datos y de comunicaciones; como continuidad de pantalla

Resistencia total de puesta a tierra. - Resistencia entre el borne o terminal principal de tierra y la tierra (fuente: norma boliviana 777)

Método de 4 puntos, Wenner.

Se utilizan cuatro electrodos de prueba iguales y se entierran en el suelo apartados a una distancia igual en línea recta y se conectan por medio de cuatro conductores de prueba al aparato de medición de resistencia a tierra. En la figura 2.1, se observa la conexión para la medición del método de Wenner (Oropeza, 2005).

Tratamiento del suelo para obtener resistividad más baja.

Con frecuencia, es imposible obtener la reducción deseada de resistencia de tierra agregando más conductores o más varillas de tierra a la malla. Una solución alternativa es incrementar de manera efectiva el diámetro de los electrodos, modificando el suelo alrededor del electrodo. Los métodos más conocidos son los siguientes: (Ramírez & Cano, 2010)

El uso de bentonita, una arcilla natural que contiene montmorillonita, que se formó por acción volcánica hace mucho tiempo, y es un elemento no corrosivo, estable y tiene una resistividad de $2.5 \Omega\text{-m}$ al 300% de humedad. Es de naturaleza higroscópica.

El uso de sales como cloruro de sodio, magnesio y sulfatos de cobre, o cloruro de calcio, para incrementar la conductividad del suelo alrededor del electrodo. Pero estas sales emigran a otras áreas.

El uso de electrodos de tipo químico que constan de un tubo de cobre relleno de una sal.

Los agujeros en el tubo permiten la entrada de humedad, disolver las sales y permitir que la solución de sal se filtre en la tierra.

Materiales artificiales de tierra, de baja resistividad colocados alrededor de las varillas y de los conductores en la zanja. En México se le conoce como "*H 2 Ohm*" mientras que en otros países como en Colombia se conocen como Hidrosolta y Fabigel.

Electrodos revestidos de concreto, donde el concreto por ser un material higroscópico y que atrae la humedad, al ser enterrado en el suelo se comporta como un semiconductor mediano con resistividades de 30 a 90 Ω -m, pero facilita la corrosión (fuente, tesis.ipn.mx)

Grado de compactación.

La resistividad disminuye al aumentar el grado de compactación del suelo. Se recomienda utilizar las capas de tierra más conductoras, haciéndose la colocación de electrodos con el mayor cuidado posible en cuanto a la compactación del terreno

Salinidad del terreno.

Al presentar una gran concentración de sales disueltas, la resistencia eléctrica de un terreno disminuye drásticamente, es conveniente tratar el terreno con sal común ya que ayuda a mantener la humedad del terreno. Otro método que ayuda a mejorar la conductividad del subsuelo consiste en agregarle sustancias químicas de alta conductividad en solución acuosa como son:

Sulfato de cobre, cloruro de calcio, sulfato de magnesio, azufre, etc

Factores que afectan al terreno.

Como se sabe, el suelo es un conductor de electricidad, por lo tanto, de él va a depender cuanta corriente va a fluir a través de él, esto está determinado por la resistencia que presente dependiendo del tipo de terreno que se tenga ya sea, roca, arena, arcilla, balasto, entre otros.

Soldadura exotérmica.

Las conexiones eléctricas por soldado exotérmico es un proceso en el que se hace un empalme eléctrico al verter una aleación súper calentada de cobre fundido en el interior de un recinto en el cual se encuentran alojados los conductores a ser unidos. Esta aleación de cobre fundido, contenida y controlada dentro de un molde de grafito especialmente diseñado para este fin, hace que los conductores se fundan. Una vez enfriados, los conductores se encuentran empalmados mediante una soldadura de fusión, el equipo que se emplea para la conexión eléctrica por soldadura exotérmica, el cual consta de un molde, polvo de soldadura, tenazas, cepillo metálico, pistola de ignición y rascador de moldes.

Conectores.

Son los elementos que nos sirve para unir los conductores del sistema de tierra, para conectar los electrodos a los conductores y para la conexión de los equipos a través de conductores al sistema de tierra.

Los tipos de conectores desarrollados a lo largo de los años caen generalmente dentro de tres categorías: mecánicos, de compresión y de fusión. Los conectores mecánicos emplean ferretería o medios mecánicos similares para crear puntos de contacto y para mantener la integridad de la conexión. Las conexiones por compresión usan herramientas especialmente creadas para engrapar o sujetar el conector al conductor con una gran fuerza, creando una unión eléctrica permanente. Las conexiones de fusión se hacen principalmente por soldadura. Las secciones siguientes discuten las propiedades de los distintos criterios de diseño para estos tipos de conectores y de las conexiones específicas contenidas en ellas.

Conectores mecánicos.

La teoría básica de los contactos describe cómo se establece el contacto eléctrico entre los conductores por medio de la aplicación de la fuerza mecánica. Aun cuando a fuerza aplicada sea pequeña, la resistencia en un punto de contacto es, en teoría, cero (en la práctica la resistencia es muy pequeña, típicamente en el orden de los micro ohmios o menor). Sin embargo, hay otros factores aparte de la resistencia de contacto que deben tomarse en cuenta.

Conectores de compresión.

Los conectores de compresión son parte de un sistema de conexión que emplea herramientas de instalación y datos específicos para realizar conexiones permanentes y de alta calidad. La versatilidad de un sistema de compresión asegura que todas las funciones de compresión (Derivación, terminal y empalme) sean obtenibles en diversas formas. Además, los conectores de compresión están disponibles para conductores de aluminio, de cobre y de acero

Conductores.

Son utilizados para formar la malla de tierra y para la conexión a tierra de los equipos.

Los materiales empleados para la fabricación de los conductores empleados en el sistema de tierras son cobre, cobre estañado, acero, acero inoxidable, acero galvanizado, aluminio, etc. Por lo general los conductores utilizados son de cobre desnudo arriba de 4/0 AWG dependiendo del sistema que se utilice. Se ha escogido el calibre mínimo de 4/0 AWG en cobre por razones mecánicas

Elementos que conforman los sistemas de puesta a tierra.

Un sistema de puesta a tierra está constituido por:

- ❖ Los electrodos. Conductor o conjunto de conductores enterrado(s), que sirven para establecer una conexión con tierra. Los conductores no aislados, colocados en contacto con tierra, para la conexión al electrodo, se considerarán parte de éste.
- ❖ Los puntos de puesta a tierra. Es un punto, situado generalmente fuera del terreno, que sirve de unión de las líneas de tierra con el electrodo, directamente o a través de líneas de enlace con él.
- ❖ Las líneas de enlace con el electrodo de tierra. Cuando existe punto de puesta a tierra, se denomina línea de enlace con el electrodo de tierra a la parte de la línea de tierra comprendida entre el punto de puesta a tierra y el electrodo, siempre que el conductor esté fuera del terreno o colocado aislado del mismo.

Cableado

La norma de cableado establece un código de colores para la instalación eléctrica. De esta manera, cada cable tiene un color determinado según su función.

El conductor neutro es azul, el hilo de fase es marrón, gris o negro, y el cable de tierra es siempre verde y amarillo. (Fuente: Puesta a tierra - Wikipedia, la enciclopedia libre)

THOR GEL

Es un compuesto químico complejo que se forma cuando se mezclan en el terreno la solución acuosa de sus dos componentes. El compuesto químico resultante tiene naturaleza coloidal, formando una malla tridimensional, que facilita el movimiento de ciertos iones dentro de la malla, de modo que pueden cruzarlo en uno u en otro sentido; convirtiéndose en un excelente conductor eléctrico.

Tiene una gran atracción por el agua, de modo que puede aprisionarla manteniendo un equilibrio con el agua superficial que la rodea; esto lo convierte en una especie de reservorio acuífero, rellena los espacios intrínsecos dentro del pozo, constituyendo una excelente conexión eléctrica entre el terreno(reemplazado) y el electrodo, asegurando una conductividad permanente.

BARRA DE ATERRAMIENTO.

La barra de aterramiento es una barra donde llega el conductor del electrodo de puesta a tierra, a esta barra llegan también los conductores de las puesta a tierra de los equipos. Estas barras se diseñan para concentrar los circuitos eléctricos que posteriormente van a ser puestos a tierra.

CAJA DE CONEXIÓN.

Estas cajas se utilizan como un armario de protección, para evitar el contacto directo de la conexión del sistema de puesta a tierra con las personas. Las cajas de conexiones o de distribución se utiliza para realizar empalmes de:

- ❖ Tableros eléctricos.
- ❖ Equipos electrónicos y eléctricos.
- ❖ Motores.
- ❖ Medidores.
- ❖ PLC.

Humedad.

La humedad es otro factor muy importante que produce cambios significativos en la resistividad del suelo. La humedad del terreno se conoce también como estado hidrométrico, la misma que afecta inversamente proporcional a la resistividad, es decir, al aumentar la humedad disminuye la resistividad y disipando de una forma óptima las corrientes de falla.



La variación de la resistividad ocurre en virtud de la activación de cargas eléctricas predominantemente iónicas por acción de la humedad, un porcentaje mayor de humedad hace que las sales presentes en el suelo o adicionadas a propósito se disuelvan formando un medio electrolítico favorable al paso de la corriente

Método de Schlumberger

El método de Schlumberger es una alteración del método de Wenner. Pero en el método de Schulumberger de Schlumberger el operador expande el espaciamiento de los electrodos, aumentando la distancia entre los electrodos de corriente durante el transcurso de las mediciones y la distancia a la que se mueven los electrodos de potencial es pequeña

Interpretación y utilización práctica de las medidas

El uso de los métodos citados en los apartados anteriores permite determinar el valor de la resistividad del terreno, previo al diseño del sistema a tierra acorde a las necesidades establecidas por el entorno.

Una adecuada toma de tierra, permite establecer el valor de la resistencia depuesta a tierra, como se ha comentado anteriormente es el valor de la resistencia que se opondrá al paso de la corriente eléctrica hacia el suelo.

METODOS PARA LA REDUCCION DE LA RESISTENCIA

ELECTRICA EN LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.

AUMENTO DEL NÚMERO DE ELECTRODOS EN PARALELO.

Colocar varios electrodos en paralelo es una manera muy efectiva para bajar el valor de resistencia; los electrodos enterrados no deben ser colocados muy cerca uno de otro, porque cada electrodo afecta la impedancia del circuito, por los efectos mutuos. 43 por este motivo la separación entre puestas a tierra(electrodos) debe ser de por lo menos el doble de la longitud del electrodo. (Fuente: dspace.ups.edu.ec)

. AUMENTO DEL DIAMETRO DEL ELECTRODO.

La resistencia de un electrodo de sección circular se reduce al aumentar su diámetro, sin embargo, tiene un límite en el que ya no es recomendable aumentarlo, esto se debe a que el valor de la resistencia del terreno permanece prácticamente constante.

Para un electrodo de 5/8" de diámetro (1.6 cm) si quisiera aumentar su conductancia se puede añadir helicoidales de cable 1/0 AWG cuyo diámetro de espiras tendrá un diámetro de 18 cm, y con una separación entre estas de 20cm lográndose así una reducción del 30% en el valor de la resistencia, es decir el diámetro del electrodo creció de 1.6 cm (5/8) a 18 cm lo que equivaldría a utilizar un electrodo de 7(fuente:tesis.ipn.mx)

TRATAMIENTO QUIMICO ELECTROLITICO DEL TERRENO.

El tratamiento químico del suelo surge como una alternativa de mejora para disminuir la resistividad del terreno, sin necesidad de utilizar gran cantidad de electrodos.

Existen diversos tipos de tratamientos químicos para reducir la resistencia que presentan los suelos.

- ❖ Las sales puras (Cloruro de Sodio) no actúan como un buen electrolítico en estado seco, por lo que se le añade también carbón vegetal con el fin de que este sirva como absorbente de las sales disueltas y de la humedad.

- ❖ Las bentonitas molidas son sustancias minerales arcillosas que retienen las moléculas del agua, pero la pierden con mayor velocidad de la que la absorben, esto es debido al aumento de la temperatura ambiental.
- ❖ Al perder el agua los terrenos pierden conductividad y restan toda compactación, lo que deriva en la pérdida de contacto entre electrodo y el medio, elevando la resistencia del pozo ostensiblemente.
- ❖ Una vez que la bentonita ha regenerado sus propiedades de absorber el agua la resistividad es casi nula.
- ❖ En el mercado existen productos químicos normalizados que ayudan a bajar resistividad del terreno como, por ejemplo, THOR GEL, GEM (fuente: tesis.ipn.mx)

Valor de la Resistencia Óhmica del Cuerpo.

Diversos estudios experimentales demuestran que la impedancia del cuerpo humano es siempre resistiva pura, también se ha comprobado que para corriente alterna cuya frecuencia sea superior a 10kHz, no provoca más efectos que el de calentar los tejidos por donde paso la corriente.

El valor de la resistencia en cada ser humano depende de diversas circunstancias, la más importante es la humedad de la piel, que llega a valores de 100.000 ohm cuando está seca y esta desciende considerablemente en estado de humedad. En la tabla 13, se muestra los valores de la impedancia del cuerpo humano dependiendo de la frecuencia y la tensión de contacto.

Factores que determinan la resistividad del suelo

- ❖ Naturaleza del suelo
- ❖ Humedad
- ❖ Temperatura del terreno
- ❖ Las concentraciones de sales disueltas
- ❖ La compactación del suelo
- ❖ La estratificación del terreno

Que afectan la resistencia de la puesta a tierra

1. Longitud y profundidad del electrodo de puesta a tierra
2. Diámetro del electrodo a puesta tierra
3. Número de electrodos a puesta tierra
4. Diseño a puesta a tierra

métodos de comprobación del sistema de puesta a tierra

Hay cuatro tipos de métodos de comprobación de la puesta a tierra disponibles:

- ❖ Resistividad del suelo (con picas)
- ❖ Caída de potencial (con picas)
- ❖ Selectivo (con 1 pinza y picas)
- ❖ Sin picas (con pinzas solamente)

MANTENIMIENTO DE SISTEMA PUESTA A TIERRA

1. La evaluación visual y toma de datos.
2. Desconexión de los cables que van al sistema de puesta a tierra.
3. Realizar una medición inicial, antes de decidir si es necesario un mantenimiento.
4. Retirar la tierra y exponer alguna varilla de cobre.
5. Lijar la varilla y cepillar el cable.
6. Aplicar un poco de gel o cemento.
7. Reponer la tierra extraída.
8. Pintar y rotular nuevamente la caja de registro.
9. Realizar una fotografía final del mantenimiento realizado. (fuente solaning SRL)

Resistencia de malla de tierra

- ❖ La resistencia de malla de tierra no debe ser superior a 10Ω en cualquier época del año.
- ❖ Cuando la construcción es destinada a materiales explosivos o inflamables, la resistencia de malla de tierra no debe ser superior a 1Ω . (fuente: https://drive.google.com/file/d/1jXdStSuwxz63HaW-8Hdo8-K_5wSLmfL5/view?usp=drivesdk solaning)
- ❖ Para grandes subestaciones, líneas de transmisión y estaciones de generación es de 1Ω .
- ❖ Para subestaciones de plantas industriales, edificios y grandes instalaciones comerciales es de $1 - 5 \Omega$.
- ❖ Para un electrodo simple es de 25Ω (fuente: bibdigital.epn.edu.ec)

PROPUESTA DE INNOVACION O SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 RESULTADOS ESPERADOS

CONCLUSIONES

3.1 RECOMENDACIONES

- No colocar electrodos al rás de muros o rocas.
- Para mayor eficiencia y vida útil el conjunto de electrodos debe instalarse debajo de la cimentación del edificio o establecimientos
- Todas las uniones y empalmes enterrados deben realizarse con el sistema termoweld ó con conectores prensados (hyoround)
- No añadir sal común en contacto con los electrodos, ya que provoca corrosión y su duración es poco.
- Si la resistividad es mayor a $500 \text{ ohm} \times \text{metro}$, consultar a un especialista.
- Realizar la medición de resistividad y resistencia en la época más seca del año

FUENTES DE INFORMACION Y BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-catolica-boliviana-san-pablo/electrotecnia-y-laboratorio/norma-boliviana-nb-777-apuntes-1-23/10333375>
- [2] dspace.ups.edu.ec <https://dspace.ups.edu.ec> › U...PDFrepositorio.utp.edu.co
- [3] <https://repositorio.utp.edu.co> › ...PDF
- [4] bibdigital.epn.edu.ec
- [5] <https://tesis.ipn.mx>

- [6] Página 1 de 20 NORMAS TÉCNICAS MEDIDA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO RA6014 PRIMERA EDICIÓN: MAYO1984 ÚLTIMA PUBLICACIÓN: MAYO2008 ELABORÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN REVISÓ: ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN AUTORIZÓ: SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN [Internet]. Available from:
https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/DOCUMENTOS-ENERGIA/NORMAS-TECNICAS-PARA-REDES-AEREAS/NORMAS-DE-MONTAJES-COMPLEMENTARIOS/RA6-014.pdf



ANEXOS

