

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA ELECTRONICA**



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PLANTA INDUSTRIAL DE LACTEOS

MODALIDAD MEMORIA LABORAL (P.E.T.A.E.N.G.)

POSTULANTE : SILVIO ARUQUIPA COPANA

TUTOR : ING. HUGO BALDERRAMA BARRIOS

La Paz – Bolivia

2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia a Dios, a mis padres que me apoyaron para adquirir la formación profesional, de igual forma a al plantel docente de nuestra prestigiosa facultad que con los conocimientos adquiridos por sus diferentes materias pude poner en práctica y realizar un complemento de la teoría a la práctica satisfactoriamente en estos años de ejerció de la profesión.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD LABORAL

Enmarcado dentro del reglamento del plan excepcional de titulación para estudiantes no graduados P.E.T.A.E.N.G. SEXTA VERSION MODALIDAD MEMORIA LABORAL:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PLANTA INDUSTRIAL DE LACTEOS es que se pone en consideración el presente documento.

Resumen de hoja de vida.

Cabe resaltar que mi persona cuenta con la formación de Técnico Superior en Electrónica emitido en el año 2002 en la Escuela Industrial Superior Pedro Domingo Murillo donde desde el momento de realizar mis practicas industriales realice varios tipos de trabajos relacionados al área de la electrónica. Continuando con mi formación a nivel licenciatura en la facultad de ingeniería en el año 2004 concluyendo el plan de estudios de la carrera de ingeniería electrónica mención telecomunicaciones en enero de 2013, desde el momento de desempeñarme en el área realice las siguientes funciones.

EMPRESA PIL ANDINA S.A. Técnico Electrónico en el área de mantenimiento desempeñado funciones como mantenimiento preventivo y correctivos en los diferentes equipos junio 2002.

Centro de formación técnica CENFOTEC ALDEAS INFANTILES S.O.S . desempeñando funciones como Docente Técnico en Electrónica básica.

Así como el mantenimiento preventivo de los diferentes equipos eléctricos de los talleres que cuenta la institución desde mayo 2006 – enero 2009.

EMPRESA GLOBALTEST S.R.L. Desempeñando funciones en el cargo de ingeniería de Proyectos Operación y Logística, en trabajos como ser optimización de redes móviles

de operadores públicos y privados. instalación de estaciones base para operador Entel, Licitaciones públicas nacionales, elaboración de proyectos SICOES .

diseño y ejecución de sistemas de puesta a tierra, instalaciones eléctricas, sistemas de aire acondicionado para Bts (Junio 2010 – Enero 2013).

EMPRESA AINTEL .- Desempeñando funciones en el cargo de Supervisor Operaciones y Proyectos, realizando trabajos en diseño e instalaciones eléctricas ,diseño de sistemas de Aclimatación para Aire Acondicionado, Diseño de sistemas de puesta a tierra Automatización de procesos industriales (Febrero 2013 –septiembre 2014).

EMPRESA PIL ANDINA S.A. desempeñando funciones como Responsable de Servicios industriales, realizando tareas de Mantenimiento de las siguientes actividades:

Buenas Practicas de manufacturas, elaboración de procedimientos operativos estándar específico (POE's) Programa de los mantenimientos preventivos y correctivos a realizarse en los diferentes equipos industriales que emplea la planta industrial.

trabajos como Automatización industrial, diseño de sistemas de puesta a tierra, instalaciones eléctricas industriales, supervisión y mantenimiento de equipos industriales.

Diseño de sistemas de refrigeración.

INDICE

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCION	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO	2
1.4. JUSTIFICACION.....	2
1.5 LIMITES Y ALCANCES	3

CAPITULO II

2.1 OBJETIVO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	4
2.2 FUNCIONES DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.....	5
2.3 DONDE SE REQUIEREN LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA	5
2.4 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS	6
2.4.1 TIERRA D POTECCION	6
2.4.2. TIERRA DE SERVICIO.....	6
2.4.3. TIERRA DE REFERENCIA	6
2.4.4. JABALINA DE TIERRA.....	7
2.4.5 MALLAS DE TIERRA.....	7
2.4.6. CONEXIÓN A TIERRA	7
2.4.7. GRADIENTE SUPERFICIAL.....	7
2.4.8. DIFERENCIA ENTRE CONEXIONES TIERRA Y NEUTRO	7
2.4.9. SIMBOLOGIA.....	8
2.4.10. TERMINAL DE TIERRA	8
2.4.11. TERMINAL DEL CONDUCTOR DE PROTECCION	8
2.4.12. TERMINAL DE CHASISI O DE CASCARA	8
2.4.13. EQUIPOTENCIABILIDAD.....	9

2.4.14. CLASIFICACION DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA	9
2.4.15. PUESTA A TIERRA DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS	9
2.4.16. PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS	9
2.4.17. PUESTA A TIERRA DE LAS SEÑALES ELECTRONICAS	10
2.4.18. PUESTA A TIERRA DE PROTECCION ELECTRONICA	10
2.4.19. PUESTA A TIERRA DE PROTECCION ATMOSFERICA	10
2.4.20. PUESTA A TIERRA DE PROTECCIO ELECTROSTATICA.....	10
2.4.21. COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	10
2.4.22. JABALINA	11
2.4.23. JABALINA DEL SISTEMA DE POTENCIA	11
2.4.24. ELECTRODO DEL SISTEMA DE PROTECCION ANTE DESCARGAS ATMOSFERICAS	11
2.4.25. LINEA DE ENLACE	11
2.4.26. PARARRAYOS	12
2.4.27. DESCARGADORES DE SOBRETENSION	12
2.4.28. REQUISITOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	12
2.4.29. ETAPAS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	12
2.4.30. DETERMINACION DE LOS PARAMETROS PARA EL CASO DE ESTUDIO..	13
2.4.31. DISEÑO.....	13
2.4.32. ANALISIS DEL COMPORTAM IENTO	13
2.4.33. TOPOLOGIA	14
2.4.34. UBICAR CAJAS DE INSPECCION	14
2.4.35. DEFINIR RUTAS DE CABLES.....	14
2.4.36. RESISTIBILIDAD DEL TERRENO	14
2.4.37. DEFINICION DE RESISTIVIDAD.....	15
2.5. MATERIALES	15
2.5.1. CARACTERISTICAS DEL DISEÑO DE LOS PARAMETROS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	15
2.5.1.1. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA....	16
2.5.1.2. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	16
2.5.1.3. RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....	16

2.5.2. TENSION DE SEGURIDAD.....	16
2.5.3. TENSION DE PASO	16
2.5.4. TENSION DE CONTACTO.....	17
2.5.5. TENSION REAL DE PASO Y DE CONTACTO	17
2.5.6. DETERMINACION DE LOS PARAMETROS Km,Ki,ks.....	18
2.6. SEGURIDAD DE PERSONAS	19
2.6.1. PROBLEMA BÁSICO	19
2.6.2. CONDICIONES DE RIESGO	19
2.6.3. RANGO DE CORRIENTES TOLERABLE	20
2.6.4. IMPORTANCIA DE ELIMINAR UNA FALLA RAPIDAMENTE	20
2.6.5. EFECTO DE LA FRECUENCIA	21
2.6.7. EFECTO DE LA DURACION DE LA MAGNITUD.....	21
2.6.8. IMPORTANCIA DE ELIMINAR UNA FALLA RAPIDAMENTE	22
2.7. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	23
2.7.1. VALOR RECOMENDADO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.....	23
2.7.2. ELECTRODOS	23
2.7.3. OTRAS ESTRUCTURAS O SISTEMAS METALICOS SUBTERRANEOS	
CERCANOS.....	24
2.7.4. ELECTRODOS EXISTENTES	24
2.7.4.1. TUBERIA METALICA DE AGUA ENTERRADA	24
2.7.4.2 ESTRUCTURA METALICA DEEL EDIFICIO	25
2.7.5. ELECTRODOS PARA DESCARGA A TIERRA	25
2.7.5.1. JABALINAS	25
2.8. MALLAS	27
2.9. MEDICIONES DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	27
2.10. FACTORES QUE INCIDEN EN LA RESISTENCIA.....	28
2.10.1. SALES SOLUBLES	28
2.10.2. COMPOCICION DEL TERRENO	29
2.10.3. ESTRATIFICACION DEL TERRENO	30
2.10.4. GRANULOMETRIA	31
2.10.5. ESTADO HIDROMETRICO	31
2.10.6. TEMPERATURA	31

2.11. MEDICION DE LA RESISTIBILIDAD DEL SUELO.....	32
2.12. METODO PARA LA MEDICION DE LA RESISTIBILIDAD DEL SUELO.....	33
2.12.1. METODO DE WENNER.....	34
2.12.2. METODO DE SCHLUMBERGER.....	35
2.13. METODOS COMPARATIVOS	36
2.13.1. METODO DE LAURENT.....	37
2.13.2. METODO DE DWIGHT.....	37
2.14. SELECCION DEL CONDUCTOR DE LA MALLA	39
2.14.1. PERFIL DE RESISTIBILIDAD.....	39
2.14.2. CALCULO DE RESISTENCIA SOLICITADA	40
2.14.3. RESISTIBILIDAD DEL TERRENO.....	40
2.14.4. QUE ES EL HUMUS.....	41

CAPITULO III

3.1. PROCEDIMIENTO	42
--------------------------	----

CAPITULO IV

4. REDISEÑO DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	45
4.1. DEFINIR RESISTIBILIDAD DE PUESTA A TIERRA DESEADA.....	45
4.1.1. REVISIÓN DE PLANOS ELECTRICOS	50
4.1.2. DEFINIR TEMPERATURA MÁXIMA DE AMBIENTE	51
4.1.3. CALCULO DE LA MÁXIMA CORRIENTE DE FALLA A TIERRA	51
4.1.4. DEFINIR EL MÁXIMO TIEMPO DE DESPLIEGUE DE FALLA.....	52
4.1.5. ESTABLECER LAS TENSIONES DE SEGURIDAD PERMITIDAS.....	54
4.1.5.1. TENSION DE PASO REAL	56
4.1.5.2. TENSION DE CONTACTO REAL	57
4.1.5.3. TENSION DE PASO	57
4.1.5.4. TENSION DE CONTACTO.....	57
4.1.5.5. ESTUDIO DE LA RESISTIBILIDAD DEL TERRENO.....	58

4.1.5.6. DETERMINACION DEL AREA DISPONIBLE	58
4.2. RECOPIACION DE LAS NORMAS	60
4.2.1. DEFINICION DE GEOMETRICA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	60
4.2.2. ELECCION DEL TIPO DE JABALINA	60
4.2.3. PROFUNDIDAD DEL ENTERRAMIENTO	61
4.2.4. SELECCION DEL MATERIAL Y RESISTIVIDAD D ELA CAPA SUPERIOR.....	61
4.2.5. DEFINIR EL TAMAÑO DE LA RETICULA DE LA MALLA	62
4.2.6. CALCULO DEL CALIBRE Y LONGITUD DEL CONDUCTOR	62
4.2.7. CALCULO DE LA RESISTIBIDAD DE PUESTA A TIERRRA	62
4.2.7.1. METODO DE WENNER.....	63
4.2.7.2. METODO DE SHLUMBERGER	63
4.2.7.3. METODO DE LAURENT Y NIEMANN.....	64
4.2.7.4. MÉTODO DE DWIGHT.....	64
4.3. AJUSTE DE VALORES.....	67
4.4. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIDOS A LOS VALORES CALCULADOS.....	67
4.5. TOPOLOGÍA.....	68
4.5.1. UBICACIÓN DE LA CAJA DE INSPECCIÓN.....	68
4.5.4. INTERCONEXIÓN CON OTROS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.....	69
4.6. PROCEDIMIENTO DE PUESTA A TIERRA.....	69
4.6.1. SEPARACIÓN IDEAL ENTRE JABALINAS.....	69
4.6.2. FORMA DE NUESTRA MALLA A TIERRA.....	69
4.6.3. EXCAVACIÓN DE LA NUEVA PUESTA A TIERRA.....	70
4.6.4. ARMADO DE LA MALLA.....	71
4.6.5. TUBERIA DE PVC PARALELA A LAS JABALINAS CUBIERTAS CON Thor-Cem.....	72
4.7. MATERIALES Y PRESUPUESTO.....	73

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIONES SOBRE LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	92
5.1.1. REDISTRIBUCIÓN DE LAS PUESTAS A TIERRA EXISTENTES.....	92
5.1.2. REDISEÑAR Y ARMAR UNA NUEVA PUESTA A TIERRA.....	92

CAPÍTULO 6.

RECOMENDACIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. SIMBOLO TIERRA.....	6
FIGURA 2. SÍMBOLO TERMINAL TIERRA.....	8
FIGURA 3. TERMINAL DEL CONDUCTOR DE PROTECCIÓN.....	8
FIGURA 4. TERMINAL O CHASIS.....	9
FIGURA 5. EQUIPOTENCIALIDAD.....	9
FIGURA 6. COMPONENTES BÁSICOS SISTEMA PUESTA A TIERRA.....	11
FIGURA 7. DIMENCIONES DE AL CAMARA DE INSPECCION	14
FIGURA 8. DIMENCIONES DE AL CAMARA DE INSPECCION	14
FIGURA 9. TENSIÓN DE PASO.....	17
FIGURA 10. TOLERANCIA DE CORRIENTE.....	20
FIGURA 11. INSTALACIÓN DE JABALINA.....	26
FIGURA 12. EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO.....	33
FIGURA 13. MÉTODO DE WENNER.....	34
FIGURA 14. MÉTODO DE SCHLUMBERGER.....	36
FIGURA 15. HUMUS PARA LA MEZCLA CON TIERRA	41
FIGURA 16. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	42
FIGURA 17. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	43
FIGURA 18. TABLERO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.....	44
FIGURA 19. TABLERO PRINCIPAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	44
FIGURA 20. GRAFICO RESISTENCIA VS ANGULO DE GIRO.....	48
FIGURA 21. GRAFICO RESISTENCIA VS ANGULO DE GIRO.....	48
FIGURA 22.GRAFICO RESISTIVIDAD VS ANGULO DE GIRO.....	50

FIGURA 23. GRAFICO RESISTIVIDAD VS ANGULO DE GIRO.....	50
FIGURA 24. INTERRUPTOR TÉRMICO DE LA PLANTA.....	51
FIGURA 25. TIEMPO DE DESPEJE DE FALLA.....	53
FIGURA 26 MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	55
FIGURA 27. UBICACIÓN ÓPTIMA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	59
FIGURA 28 FORMA DE MALLA DE NUESTRA PUESTA A TIERRA.....	60
FIGURA 29. DIMENSIONES DEL ATERRAMIENTO.....	61
FIGURA 30. METODO DE WENNER.....	63
FIGURA 31. METODO DE SCHLUMBERGER.....	63
FIGURA 32. CAJA EQUIPOTENCIAL.....	68
FIGURA 33. MEDICION DE LA RESISTENCIA	69
FIGURA 34. EXCAVACION DE FOSA.....	70
FIGURA 35. COMPACTADO DE LA FOSA DE ATERRAMIENTO.....	71
FIGURA 36. TUBERÍA DE PVC DE 3/4". PERFORADA.....	72
FIGURA 37. MEDICION DE LA RESISTENCIA	96
FIGURA .38. CABLE DE COBRE.....	97
FIGURA .39. CONECTORES MECÁNICOS.....	98
FIGURA .40. CONECTORES MECÁNICOS.....	99
FIGURA 41. CONECTOR DE FUSIÓN POR SOLDADURA EXOTÉRMICA.....	101

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. DURACIÓN DE LA CORRIENTE PARA FIBRILACIÓN.....	22
TABLA 2 . VALORES RECOMENDADOS DE RESISTENCIA PUESTA A TIERRA...23	
TABLA 3. EFECTOS DE LA SAL.....	28
TABLA 4. VALORES DE RESISTIVIDAD EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO.....	29
TABLA 5 TEXTURA DE SUELOS.....	30
TABLA 6. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD SOBRE LA RESISTIVIDAD.....	31
TABLA 7. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA RESISTIVIDAD.....	32
TABLA 8. ESTUDIO DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....	40
TABLA 9. RECOPIACIÓN DE DATOS MEDIADAS DE RESISTENCIA.....	46
TABLA 10. CUADRO DE RESISTENCIA.....	47
TABLA 11. CUADRO DE RESISTIVIDAD.....	49
TABLA 12. VALORES PLANTEADOS PARA REALIZAR LOS CÁLCULOS.....	54
TABLA 13. VALORES DE RESISTIVIDAD EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO.....	54
TABLA 14. VALOR CONSIDERADO PARA LOS CÁLCULOS.....	62
TABLA 15. VALORES PARA EL MÉTODO LAURENT Y NIEMANN.....	64
TABLA 16. VALORES PARA CALCULAR R_s	65
TABLA 17. RESISTENCIA DEL TERRENO.....	67
TABLA 18. RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....	67
TABLA 19. CONDUCTIVIDAD DE METALES.....	71
TABLA 20. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	73

TABLA 21. PRESUPUESTO POR TRABAJO CONDUCTOR DE COBRE.....	74
TABLA 22. PRESUPUESTO POR TRABAJO CONDUCTOR AWG 1/0 VERDE AMARILLO.....	75
TABLA 23. PRESUPUESTO POR TRABAJO PRECINTOS.....	76
TABLA 24. PRESUPUESTO POR TRABAJO. CAJA DE INSPECCIÓN.....	77
TABLA 25. PRESUPUESTO POR TRABAJO PVC.....	78
TABLA 26. PRESUPUESTO POR TRABAJO JABALINAS DE COBRE.....	79
TABLA 27. PRESUPUESTO POR TRABAJO CONECTOR DE JABALINA.....	80
TABLA 28. PRESUPUESTO POR TRABAJO GABINETE ELÉCTRICO.....	81
TABLA 29. PRESUPUESTO POR TRABAJO BARRA DE COBRE	82
TABLA 30. PRESUPUESTO POR TRABAJO CINTA VULCANISANTE.....	83
TABLA 31. PRESUPUESTO POR TRABAJO SOLDADURA DE PLATA	84
TABLA 32. PRESUPUESTO POR TRABAJO TIERRA THOR CEM.....	85
TABLA 33. PRESUPUESTO POR TRABAJO ACCESORIOS PVC	86
TABLA 34. PRESUPUESTO POR TRABAJO TERMINALES	87
TABLA 35. PRESUPUESTO POR TRABAJO ACCESORIOS	88
TABLA 36. PRESUPUESTO POR TRABAJO THOR – CEM.....	89
TABLA 37. PRESUPUESTO POR TRABAJO.ESCAVACION Y COMPACTADO.....	90
TABLA 38. COSTO TOTAL DE LA NUEVA PUESTA A TIERRA.....	91

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PLANTA INDUSTRIAL DE LACTEOS

1.1 INTRODUCCION

La importancia de realizar un sistema de puesta a tierra en cualquier tipo de instalaciones es proteger y garantizar el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos electrónicos, con esto se puede asegurar que el personal que se encuentra en el área no sufra percances y realice sus actividades de manera segura logrando de esta manera un propósito específico en este caso la industrialización de alimento lácteo.

La seguridad eléctrica es fundamental para la protección de descargas eléctricas a las personas y a los equipos.

Desde que se empezó a utilizar la electricidad se ha puesto en práctica la puesta a tierra de un conductor en un sistema eléctrico.

Todo equipo eléctrico electrónico necesita un sistema de puesta a tierra debido a la presencia de armónicos que produce.

1.2 ANTECEDENTES. -

En la empresa se vienen presentando problemas en los equipos electrónicos de precisión utilizados en laboratorio ,así como en los circuitos de control de los diferentes equipos los cuales se utilizan para el proceso que realiza esta empresa de alimentos ,puesto que debido varios factores como ser pequeños cortes de energía, picos de energía debido a tormentas eléctricas y al encontrarse en una zona industrial se presentan estas fallas la cuales repercuten en los tiempos de trabajo del proceso, puesto que cuando ocurre una pequeña caída de tensión si bien se pueden volver a encender la mayoría de los equipos los principales deben volver a un inicio de su proceso en este caso un CIP (ciclo de limpieza) en cual demora un tiempo establecido generando un perjuicio en el tiempo de producción con los diferentes factores que eso implica como ser tiempos de trabajo de los equipos que repercuten en sus mantenimientos preventivos, así como el de disponer del personal horas extras .etc.

Se realizó la instalación de equipos UPS para la mejora de estas fallas logrando una mejora, pero no considerable puesto que el sistema de puesta a tierra ya tiene varios años y es necesario realizar una nueva instalación.

Así también se realizó un seguimiento de fallas producidas al no contar con este sistema ,en los sistemas de control donde se trabajan con señales analógicas y digitales , se presentaron fallas que se volvieron recurrentes, al ser una empresa que maneja producto alimenticio cuentan con varios tipos de sensores para garantizar un proceso de embazado inocuo en toda la línea desde la recepción de la materia prima hasta la elaboración del producto terminado estos sensores pueden ser sensores inductivos sensores capacitivos, sensores de temperatura que en su mayoría trabajan con corrientes en el rango de los miliamperes y son estos los que presentan anomalías en su funcionamiento por ende repercuten en el proceso.

Así también indicar que el sistema de protección de pararrayos quedó insuficiente debido al crecimiento de la planta industrial.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diseño del sistema de puesta a tierra tomando en cuenta los equipos adicionados en los últimos años.

Así mismo eliminar las fallas provocadas por no contar con este sistema de puesta a tierra logrando de esta manera un correcto funcionamiento de los mismos en diferentes situaciones naturales o provocadas.

1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Redistribución de puestas a tierra existentes
- Rediseñar y armar una puesta a tierra para nuevos equipos instalados recientemente, Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Proteger las instalaciones a través de un camino de baja impedancia.
- Permitir la descarga de una corriente de falla a través del sistema.
- Mejorar la calidad de señal, mejorando el ruido electromagnético en equipos separando la puesta a tierra.

1.4 JUSTIFICACION

A medida que la empresa se fue equipando debido a un crecimiento estimado también se fueron presentando problemas de manera gradual especialmente en la planta de tratamiento de agua.

Llegando a un punto en que se presentan fallas muy recurrentes, dañando de esta manera componentes electrónicos de los diferentes equipos de la planta por lo cual es necesario realizar este rediseño en un corto plazo.

Cabe resaltar que en el desarrollo del proyecto se realiza un proceso sistemático describiendo cada paso a seguir para poder diseñar un sistema de puesta a tierra adecuado para una carga industrial de acuerdo a la normativa vigente.

1.5 LIMITES Y ALCANCES

La presente investigación se enfoca en el estudio de un sistema de puesta a tierra aplicados a la industria los cuales dependen de su carga instalada.

La solución propuesta en este proyecto está fundamentada en la norma boliviana la cual indica que en sistemas de puesta a tierra en la industria una de las medidas establecidas es que se debe salvaguardar la seguridad de las personas proteger las instalaciones y garantizar la compatibilidad electromagnética.



CAPÍTULO II

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Los sistemas de puesta a tierra son elementos muy importantes en los sistemas eléctricos, porque además de permitir de forma segura la conducción hacia el suelo de cargas eléctricas originadas por rayos, anomalías del sistema ó electricidad estática, poseen la capacidad de dispersión y disipación de fallas, sin la presencia en la superficie de potenciales peligrosos.

El sistema de puesta a tierra (SPT), es el conjunto de conductores, sin interruptores ni fusibles, por medio de los cuales se pone en contacto eléctrico los equipos presentes en una instalación y el sistema eléctrico con el suelo, los cuales ofrecen un camino de retorno de baja impedancia para las corrientes de fuga. La puesta a tierra de los sistemas y conductores del circuito se hace con el fin de limitar las tensiones debidas a descargas atmosféricas, fallas a tierra, sobretensiones transitorias de línea o contactos accidentales con líneas de alto voltaje, así como estabilizar la tensión durante condiciones normales de operación. El sistema de puesta a tierra de los equipos de una instalación es conectado a un conductor puesto a tierra con el fin de proveer un camino de baja impedancia para corrientes de falla a tierra, de modo tal que facilite la correcta operación de los dispositivos de protección contra sobre corriente.

2.1. OBJETIVO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Para lograr que la puesta a tierra de protección cumpla con los objetivos previstos, es necesario establecer un medio a través del cual sea posible entrar en contacto con el terreno, propiciando un camino de baja impedancia a menor costo. Para la operación correcta de los equipos de protección, manteniendo los potenciales referenciales en un nivel adecuado

2.2. FUNCIONES DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son las siguientes:

- Conducir a tierra las corrientes anormales que se originan como consecuencia en los gabinetes metálicos de los equipos eléctricos energizados
- En estado estacionario, las puestas a tierra disminuyen las tensiones de elementos metálicos que se encuentran influenciados por inducciones de objetos energizados.
- Cuando se presentan las descargas atmosféricas, proporcionan un camino seguro para la corriente eléctrica del rayo.
- Proporcionar un medio para disipar la corriente eléctrica en la tierra bajo condiciones normales o de cortocircuito, sin exceder ningún límite operacional de los equipos o afectar adversamente la continuidad del servicio.
- Asegurar el buen funcionamiento de los equipos de protección de una red, lo cual garantizará el adecuado aislamiento de las porciones de dicha red que estén en falla.
- Minimizar la interferencia de los circuitos de transmisión y distribución sobre los sistemas de comunicaciones y control.
- Mantener ciertos puntos de una red a un nivel de potencial definido con referencia a la tierra
- Evitar las descargas eléctricas estáticas en atmósferas explosivas.
- Proteger la red contra los efectos de las descargas atmosféricas.

2.3. DÓNDE SE REQUIEREN LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

En la práctica actual de ingeniería se requieren conexiones de puesta a tierra en:

- Aparatos eléctricos en fábricas y residencias, para más de 50 voltios.
- Sistemas de corriente continua.
- Centro de la estrella en generadores y transformadores.
- Pararrayos
- Torres de líneas de transmisión y de comunicaciones.
- Sitio de cargue y descargue de combustibles.
- Maquinas que generan electricidad estática.
- Áreas de atención crítica en hospitales.
- Herramientas eléctricas portátiles.
- Trabajos en líneas energizadas.
- Algunos sistemas de menos de 50 voltios.

2.4 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

2.4.1. TIERRA DE PROTECCIÓN

La puesta a Tierra es la unión de todos los elementos metálicos que, mediante cables de sección suficiente entre las partes de una instalación y un conjunto de jabalinas, permite la desviación de corriente de falla o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial.

2.4.2. TIERRA DE SERVICIO

El conductor neutro de cada instalación de consumo deberá conectarse a una puesta a tierra de servicio.

La puesta a tierra de servicio se efectuará en un punto lo más próximo posible al empalme, preferentemente en el punto de unión de la acometida con la instalación.

En el conductor neutro de la instalación no se deberá colocar protecciones ni interruptores, excepto que estos actúen simultáneamente sobre los conductores activos y el neutro.

2.4.3. TIERRA DE REFERENCIA

Parte de la tierra considerada como conductora cuyo potencial eléctrico es considerado, por convención, igual a cero, estando fuera de la zona de influencia de toda instalación de puesta a tierra. La tierra de referencia también es denominada "tierra lejana"



Figura 1. SIMBOLO TIERRA

Fuente: [Controles Eléctricos de Ceemacidd]

2.4.4 JABALINA DE TIERRA

Se entiende por jabalina de tierra a un conductor firmemente embutido en el terreno, empleado para mantener la toma conectada directamente o sumergido en agua que este en contacto con la tierra, la clavija de contacto posee un borne para realizar la conexión a tierra de un equipo eléctrico.

2.4.5. MALLAS DE TIERRA

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.

2.4.6. CONEXIÓN A TIERRA

Es la conexión eléctrica entre una malla o jabalina a tierra y una parte exterior. Las partes de conexiones a tierra no aisladas y enterradas se consideran como parte de la malla de jabalinas.

2.4.7. GRADIENTE SUPERFICIAL

Es la diferencia de potencial que existe entre dos puntos de la superficie del terreno o del agua, distante entre si en 1 metro.

2.4.8. DIFERENCIAS ENTRE LA CONEXIÓN DE TIERRA Y NEUTRO

Un error común en la conexión de un equipo o en la transmisión de tensión en un conducto es la confusión entre tierra (GND) y neutro (N). Aunque idealmente estos dos terminan conectados en algún punto a tierra, la función de cada uno es muy distinta El cable de neutro es el encargado de la transmisión de corriente y el conductor de tierra es una seguridad primaria de los equipos contra el contacto eléctrico. Por lo que se deberá identificarlos como si cumplieran la misma función sería anular la seguridad de descargar a tierra y no se correrá peligro por contacto eléctrico. En el hipotético caso que se tome el neutro como tierra la misma cosa, cuando el cable de tierra se corte o se interrumpa, la carcasa de los equipos que estén conectados a tierra neutro tendrá el potencial de línea y así toda la persona o ser que tenga contacto con ello estará expuesta a una descarga eléctrica poniendo en peligro su vida.

2.4.9. SIMBOLIGIA

El símbolo utilizado para identificar la puesta a tierra según la norma IEEE puede variar según la necesidad a continuación mostramos las diferentes simbologías.

2.4.10. TERMINAL DE TIERRA

usado principalmente para terminales de tierra funcional los cuales están generalmente asociados a circuitos de prueba y medición, estos terminales no son para puesta a tierra de seguridad, pero proveen un punto de referencia de tierra.



figura 2 símbolo terminal tierra
Fuente: [Controles Eléctricos de Ceemacidd]

2.4.11. TERMINAL DEL CONDUCTOR DE PROTECCION

Este símbolo está específicamente reservado para la terminal de puesta a tierra de protección que se encuentra en el punto de puesta a tierra de los equipos

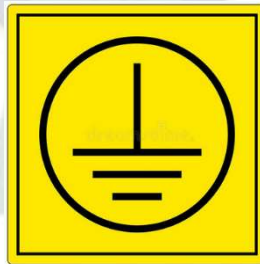


Figura 3 Terminal del Conductor de Protección
Fuente: [Controles Eléctricos de Ceemacidd]

Este símbolo puede ser usado en lugar del símbolo

2.4.12. TERMINAL DE CHASIS O CASCARA

Es usado para identificar puntos que no son de la puesta a tierra de protección y funcional, en los cuales existe un punto de conexión accesible aparte conductores y alerta del uso de una conexión al chasis del equipo

Puesta a masa, Si no existe ambigüedad, el rayado puede omitirse completa o parcialmente. Si se omite el rayado, el trazo que representa la masa será más grueso.

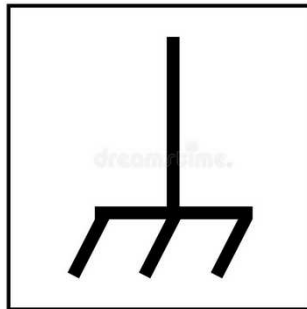


Figura 4 : Terminal o chasis

Fuente: [internet]

2.4.13. EQUIPOTENCIALIDAD

Usado en aplicaciones donde es importante indicar al operador que dos o más puntos de tierra funcional son equipotenciales.



Figura: 5 Equipotencial dad

Fuente: [internet]

2.4.14. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS PUESTA A TIERRA

Para la comprensión de las distintas aplicaciones de los sistemas de puesta a tierra estos se han clasificado según su propósito, como se presenta continuación:

2.4.15. PUESTA A TIERRA DE LOS SISTEMAS

El propósito de poner a tierra los sistemas eléctricos es poro limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de descargas atmosféricas, fenómenos de inducción o, de contactos no intencionales con voltajes más altos. Se logra uniendo mediante un conductor (apropiado a la corriente de falla a tierra total dcl sistema) cl neutro del sistema eléctrico a tierra.

2.4.16. PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS

Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades y para que operen las protecciones por sobretensión de los equipos. Se logra conectando al punto de conexión del sistema eléctrico con el planeta tierra,

todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante un conductor apropiado a la corriente de cono circuito del propio sistema en el punto en cuestión.

2.4.17. PUESTA A TIERRA DE SEÑALES ELECTRÓNICAS

Para evitar la contaminación con señales en frecuencias diferentes a la deseada, Se logra mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero, que puede ser el plano de tierra.

2.4.18. PUESTA A TIERRA DE PROTECCION ELECTRÓNICA

Para evitar la destrucción de los elementos semiconductores por sobretensiones, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser la tierra.

A continuación, se explicarán cada una de las partes identificadas.

2.4.19. PUESTA A TIERRA DE PROTECCION ATMOSFERICA

Sirve para canalizar la energía a proveniente de las descargas atmosféricas a tierra sin Mayores daños a personas y propiedades.

2.4.20. PUESTA A TIERRA DE PROTECCION ELECTROSTATICA

Sirve para neutralizar las cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos, se logra uniendo todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando como tierra de referencia el voltaje cero.

2.4.21. COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

las distintas partes que componen un sistema de puesta a tierra están identificadas en el siguiente gráfico.

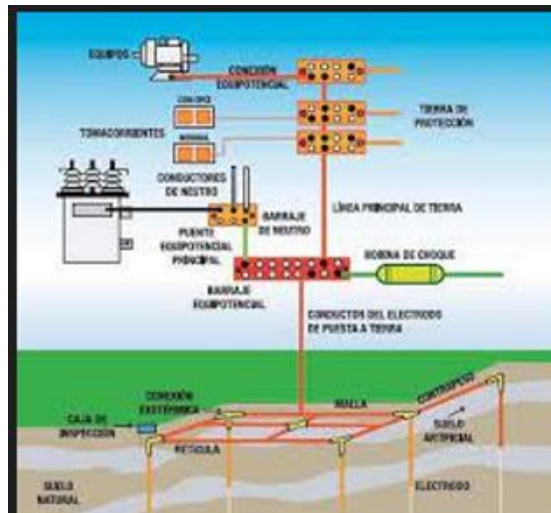


Figura 6. Componentes Básicos Sistema puesta a Tierra

Fuente: [internet]

En este grafico referencial de explica de forma correcta la instalación del sistema de puesta a tierra.

2.4.22. JABALINA

Es un conductor o conjunto utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, en este caso la tierra.

2.4.23. JABALINA DEL SISTEMA DE POTENCIA

Es el encargado de conectar a tierra todos los conductores de tierra de la instalación, indirectamente se conectarán a esta jabalina: equipos, transformadores, canalizaciones, neutro del sistema, etc.

2.4.24. ELECTRODO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Es el encargado de drenar a tierra toda o gran parte de la corriente proveniente de la descarga atmosférica y así disminuir la corriente que circula por el electrodo del sistema de potencia.

2.4.25. LINEA DE ENLACE

Es el conductor que interconecta las distintas jabalinas del sistema de puesta a tierra directa o indirectamente. Esto se realiza para garantizar equipotencialidad en toda la instalación.

2.4.26. PARARRAYOS

Es un dispositivo cuyo objetivo es atraer un rayo y canalizar la descarga eléctrica hacia tierra, de modo tal que no cause daños a construcciones o personas.

2.4.27. DESCARGADORES DE SOBRETENSION

Son los encargados de llevar a tierra las corrientes producto de las sobretensiones y así disminuir la magnitud de las sobretensiones y su efecto sobre los equipos.

2.4.28. REQUISITOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Para el eficiente funcionamiento de un sistema de puesta a tierra, éste debe reunir la cualidad de: Valor de la resistencia adecuado para cada tipo de instalación como indica la norma IEEE 80-2000.

Debe garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.

La variación de la resistencia debida a cambios ambientales debe ser mínima. Su vida útil debe ser mayor a 10 años.

- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
Alta capacidad de conducción y disipación de corriente. Evitar ruidos eléctricos.
- Debe ser resistente a la corrosión.
Su costo debe ser el menor posible sin comprometer la seguridad.
Facilidad de mantenimiento y medición.
Cumplir normas y especificaciones requeridas.

2.4.29. ETAPAS DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Para diseñar un sistema de puesta a tierra de alta calidad es necesario cumplir con las siguientes etapas.

2.4.30. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL ESTUDIO.

Esta etapa comprende el estudio del terreno, ambiente y del sistema eléctrico para el cual se diseña cualquier sistema de puesta a tierra. A continuación, se definirán los diferentes pasos que se deben realizar en esta etapa.

- Revisión de planos de la instalación.
- Establecer las tensiones de seguridad permitidas
- Estudio de la resistividad del terreno.
- Determinar área disponible.
- Definir la resistencia de puesta a tierra deseada.
- Calcular la máxima corriente de falla de tierra.
- Definir el máximo tiempo de despeje de la falla.

2.4.31. DISEÑO

En la etapa de diseño se procederá a la determinación y cálculo de las jabalinas y conductores necesarios en el sistema de puesta a tierra. Se llevarán a cabo los siguientes pasos:

- Recopilar las normas.
- Definir geometría del sistema de puesta a tierra.
- Elegir tipo de jabalina.
- Definir profundidad de enterramiento.
- Calcular resistencia de puesta a tierra
- Calcular calibre y longitud del conductor.
- Definir tamaño de la retícula de la malla.
- Escoger material y resistividad de la capa superior.
- Ajustar valores

2.4.32. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO

En esta etapa se estudia todo lo respecto a la seguridad del sistema.

- Calcular tensiones de seguridad.
- Máxima tensión de la malla respecto a una tierra.
- Confrontar valores respecto a las especificaciones.

2.4.33. TOPOLOGÍA

En esta etapa se establece todo lo relacionado a la ubicación de los conductores y derivaciones pertinentes.

2.4.34. UBICAR CAJAS DE INSPECCIÓN

La cámara de inspección se encuentra en un lugar visible y de fácil accesibilidad, está ubicada a un extremo de la cuadrícula de la nueva puesta a tierra.

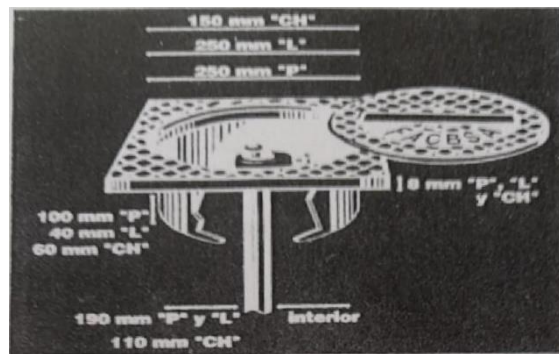


Figura 7. Dimensiones Cámara de inspección

Fuente [Sistemas de Puesta a Tierra-Teoría, Diseño y mantenimiento de Rúela]



figura 8. Dimensiones Cámara de Inspección

Fuente: [Elaboración Propia].

2.4.35. DEFINIR RUTAS DE CABLES

El conductor de cobre desnudo se encuentra por debajo de la acera canalizado por medio de un tubo PVC e ingresa a la pared a unos 35 (cm) del suelo a una caja de conexión, donde se ubica el barraje equipotencial es donde se unen el conductor desnudo y el conductor con aislamiento.

2.4.36. RESISTIVIDAD DEL TERRENO

El factor más importante de la resistencia a tierra no es la jabalina en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar el sistema de puesta a tierra.

2.4.37 DEFINICIÓN DE RESISTIVIDAD

La resistividad se define como el grado de dificultad que encuentran los electrones en sus desplazamientos. Se designa por la letra griega rho minúscula (ρ) y se mide en ohmios por metro ($\Omega\cdot m$), a veces también en ($\Omega\cdot m/mm^2$).

Su valor describe el comportamiento de un material frente al paso de la corriente eléctrica, por lo que da una idea de lo buen o mal conductor que es. Un valor alto de resistividad indica que el material es mal conductor mientras que uno bajo indicará que es un buen conductor.

En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que estos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina "Resistividad Aparente" que para el interés de este trabajo, será conocida simplemente como "Resistividad del Terreno"

La medición de la resistividad es útil para los siguientes propósitos:

- Estimación de la resistencia de puesta a tierra del sistema.
- Estimación de los voltajes de paso y toque.

En la práctica, la medición de resistividad es realizada primero, para identificar un buen sitio para la puesta a tierra y hacer el cálculo teórico para su diseño óptimo. Después se realiza la medición de resistencia para verificar que se ha logrado el valor deseado según los requerimientos.

2.5. MATERIALES

Aquí se definen todos los elementos y equipos a usar. Esta etapa incluye especificaciones y costos.

- Interconectar con otros sistemas de puesta a tierra
- Materiales y presupuesto.

2.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Dentro del marco las principales variables que juegan papel en el diseño de un sistema de puesta son los siguientes:

2.5.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

Esta variable incluye aspectos como tipo de carga, equipos a proteger, así como la corriente de falla a tierra. Es importante ya que basados en estos debemos garantizar el buen desempeño del sistema de puesta a tierra asegurando seguridad para equipos y principalmente para las personas.

2.5.1.2. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Esta variable determina la elevación del potencial del sistema de puesta a tierra y es importante para garantizar seguridad en el sistema por lo que en lo posible deberá mantener su valor con una pequeña variación.

2.5.1.3. RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

Esta variable es un factor determinante en el resultado de la resistencia de puesta a tierra, así como la geometría empleada para la misma.

2.5.2. TENSIÓN DE SEGURIDAD

Las funciones más importantes de una malla de puesta a tierra son:

Las situaciones más comunes de choque o shock eléctrico que involucran a una persona en una malla de tierra durante una falla son la tensión de paso y la tensión de contacto. Para qué sirve conocer el valor de estas tensiones, sirve para poder calcular correctamente la malla de puesta a tierra de una estación transformadora, es decir sin riesgos para las personas y equipos. Según la norma considerada habrá valores límites de estas tensiones que no se deberán sobrepasar

2.5.3. TENSIÓN DE PASO

Es la diferencia de potencial entre dos puntos de un terreno que pueden ser tocados simultáneamente por una persona, su valor permisible está dado por:

$$E_p = \frac{165 + \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (1)$$

Dónde:

E_p = Tensión de Paso Permissible en voltios.

ρ_s = Resistividad de la superficie del terreno en (Ω -m).

t = Duración máxima de falla en segundos.

2.5.4. TENSION DE CONTACTO

Es la diferencia de potencial entre un punto en la superficie del terreno y cualquier otro punto que pueda ser tocado simultáneamente por una persona su valor permisible está dado por:

$$A = \frac{165+0.25xps}{\sqrt{t}} \quad (2)$$

Donde:

E_t = tensión de contacto permisible en voltios

t =duración máxima de falla en segundos

Estos datos son utilizados generalmente para voltajes menores a 100 voltios



Figura 9. Tensión de Paso
Fuente. [Diseño del sistema de puesta a tierra, de Daza Gómez]

2.5.5. TENSIÓN REAL DE PASO Y DE CONTACTO

La tensión de paso real está dada por:

$$E_{pr} = k_s \times k_i \frac{\rho \times I}{L} \quad (3)$$

En dónde:

E_{pr} = Tensión de paso real en voltios.

ρ = Resistividad del suelo (Ω -m).

I = Corriente máxima de falla (A).

L = Longitud total del conductor (m).

La tensión de contacto real está dada por .

$$E_{tr} = k_m \times k_i \frac{\rho \times I}{L} \quad (4)$$

$$E_{pr} \leq E_p$$

$$E_{tr} \leq E_t$$

Para que nuestro cálculo continúe la disposición escogida, deberá cumplir con los valores permisibles, de E_t y E_p ; si estos no cumplen, se deberá cambiar a una nueva disposición de cuadrícula, hasta que cumpla nuestra disposición.

2.5.6. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES K_m , K_i , K_s :

Para la determinación de los coeficientes es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones.

A = Longitud de la malla (m).

B = Ancho de la malla (m).

L = Longitud total del conductor (m).

n = Número de conductores en paralelo de longitud A .

m = Número de conductores en paralelo de longitud B .

D = Espaciamiento entre conductores (m).

d = Diámetro del conductor (m).

h = Profundidad de enterramiento (m).

La longitud del conductor de cobre desnudo está dada por.

$$L = n \times A + m \times B \quad (5)$$

Donde L es la longitud total del conductor de nuestra puesta a tierra.

k_m : es el coeficiente que toma en cuenta las características geométricas de la malla, esta dado por la siguiente ecuación.

$$k_m = \frac{1}{2x\pi} \times \ln\left(\frac{D^2}{16 \times h \times d}\right) + \frac{1}{1\pi} \ln\left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \dots\right) \quad (6)$$

k_i : es el coeficiente de irregularidad del terreno donde, $(n - 2)$ esto determinara,

Cuando se tiene un número mayor o igual 7 se deberá utilizar esta ecuación.

$$k_m = 0,65 + 0,172 \times n \quad n \leq 7 \quad (7)$$

Pero cuando el valor de n es menor a 7 se asumirá que:

$$k_i = 2,0 \quad n > 7$$

k_s : es el coeficiente que toma en cuenta la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.

$$k_s = \frac{1}{\pi} x \left(\frac{1}{2 x h} + \frac{1}{D x h} + \frac{1}{2 x D} + \frac{1}{3 x D} + \dots \right) \quad (8)$$

Una vez calculados estos coeficientes, se procede al cálculo de la resistencia debida a las interferencias mutuas entre los conductores, tal resistencia es explicada posteriormente en la ecuación.

2.6. SEGURIDAD DE PERSONAS

2.6.1- PROBLEMA BÁSICO

En principio, un diseño seguro de un sistema de puesta a tierra, según el estándar IEEE 80-2000, tiene los objetivos siguientes:

- Proveer los medios para conducir corrientes eléctricas hacia la tierra bajo condiciones normales y de falla, sin exceder el límite de los equipos y cualquier otra operación ó que afecten severamente la continuidad del servicio.
- Asegurar que una persona no esté expuesta a los peligros de electrocución en las cercanías de una instalación de puesta a tierra.

2.6.2. CONDICIONES DE RIESGO

A no ser que se tomen las precauciones apropiadas en el diseño, el gradiente de potencial máximo a lo largo de la superficie terrestre puede ser de magnitud suficiente, durante las condiciones de falla a tierra para poner en peligro a una persona en el área. Además, los voltajes peligrosos se pueden generar entre estructuras de puestas a tierra ó en el chasis de los equipos y la tierra cercana. Las circunstancias que hacen posibles los accidentes de choque eléctrico son las siguientes:

- Relativamente, la corriente alta de falla a tierra está en relación con el área del sistema de tierra y su resistencia a la tierra remota.
- La resistividad del suelo y la distribución de corrientes a tierra, es tal que, un alto gradiente de potencial podría ocurrir en puntos de la superficie terrestre. La presencia de un individuo en un punto, tiempo y posición tal, que el cuerpo este uniendo dos puntos de alta diferencia de potencial.
- La falta de resistencias suficientes de contacto o resistencias en serie que limiten la corriente a través del cuerpo, a un valor seguro.
- La duración de la falla y el contacto del cuerpo; consecuentemente el flujo de la corriente a través del cuerpo por un tiempo suficiente puede causar daños a una intensidad de corriente dada.

- La poca frecuencia de accidentes se debe, en gran parte, a la baja probabilidad de coincidencia de todas las condiciones perjudiciales descritas anteriormente.

2.6.3. RANGO DE CORRIENTES TOLERABLE

- Los efectos de una corriente eléctrica que circula a través de las partes vitales del cuerpo humano dependen de la duración, magnitud y frecuencia de la misma. Al exponerse, la consecuencia más peligrosa, es: la fibrilación ventricular, que consiste en la restricción inmediata de la circulación sanguínea.

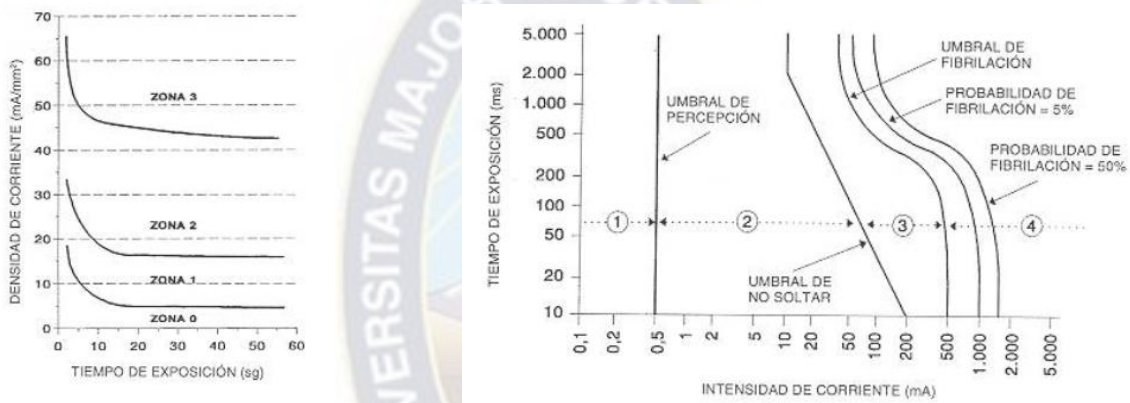


Figura 10. Tolerancia de Corriente.

Fuente [Diseño del sistema de puesta a tierra, de Daza Gómez]

En la figura 9 se indican los efectos que produce una corriente alterna de frecuencia comprendida entre 15 y 100 Hz con un recorrido mano izquierda-los dos pies. Se distinguen las siguientes zonas:

Zona 1: habitualmente ninguna reacción.

Zona 2: habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.

Zona 3: habitualmente ningún daño orgánico. Con duración superior a 2 segundos se pueden producir contracciones, musculares dificultando la respiración, paradas temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular

Zona 4: Riesgo de parada cardíaca por: fibrilación ventricular, parada respiratoria, quemaduras graves.

2.6.4. EFECTO DE LA FRECUENCIA

Los seres humanos son muy vulnerables a los efectos de la corriente eléctrica, en las frecuencias de 50 ó 60 (Hz). Las corrientes, cerca de 0.1 (A) pueden ser mortales. Las investigaciones indican que el cuerpo humano puede soportar corrientes bajísimas.

Es importante mencionar que en algunos casos el cuerpo humano es capaz de tolerar corrientes muy altas, debido a descargas eléctricas.

2.6.5. EL EFECTO DE LA DURACIÓN Y LA MAGNITUD

Los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica en el cuerpo establecidos en orden de incremento de la magnitud de corriente son: el umbral de percepción, contracción muscular, insensibilidad, fibrilación del corazón, obstrucción del nervio respiratorio y quemaduras.

Estudios médicos indican que la corriente de 1 (mA) se reconoce generalmente como el umbral de percepción; que es, la magnitud de corriente en la cual una persona es capaz de sentir una sensación suave de hormigueo en sus manos o dedos, causado por la corriente que circula por su cuerpo en ese momento.

Estudios médicos indican que las corrientes de 1 a 6 (mA), se catalogan a menudo como corrientes de soltura (liberación), aun cuando son desagradables de soportar, generalmente no daña la habilidad de una persona de controlar sus músculos para liberar un objeto energizado que este sosteniendo.

Estudios médicos indican que las corrientes comprendidas en el rango de 9 a 25 (mA), son dolorosas y es casi imposible liberar objetos energizados sujetados con la mano. Debido a las corrientes elevadas, las contracciones musculares dificultan la respiración.

Este efecto no es permanente y desaparece cuando se interrumpe el flujo de corriente, a menos que la contracción sea muy severa y obstruya la respiración por minutos en lugar de segundos, por tanto, será necesaria aplicar la resucitación artificial (primeros auxilios).

Estudios médicos indican que cuando el valor de la corriente se encuentra en el rango de 60 a 200 (mA), se presenta la fibrilación ventricular, seguido de un paro cardiaco y falta de respiración, y podría incurrir en algún daño irreversible o finalmente la muerte, por lo cual,

será necesario realizar la reanimación cardiopulmonar (RCP) a la víctima hasta que pueda ser atendida en un centro médico.

Por consiguiente, es de suma importancia limitar las corrientes al umbral de fibrilación, con un sistema de puesta a tierra diseñado cuidadosamente, los choques eléctricos pueden mantenerse por debajo de este umbral y evitar lesiones o la muerte de las personas.

En la tabla 1, se muestra la relación entre la corriente que circula por el cuerpo de una persona, el tiempo que empiezan a contraerse los músculos y la fibrilación del corazón.

Corriente (mA)	Tiempo para fibrilación (seg.)
15	120
20	60
30	35
100	3
500	0.1
1000	0,03

Tabla 1. Duración de la corriente para Fibrilación
Fuente: [Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas de IBNORCA, NB 777].

2.6.6. IMPORTANCIA DE ELIMINAR UNA FALLA RÁPIDAMENTE

Considerando la importancia de la duración de la falla tanto en términos de la ecuación e implícitamente como un factor de exposición-accidental, el eliminar rápidamente las fallas a tierra, es favorable por dos razones.

Al eliminar rápidamente la falla, el riesgo de exponerse a un choque eléctrico se reduce enormemente, a diferencia de situaciones en las cuales, la corriente de falla dure por varios minutos.

Varias pruebas y experimentos, muestran que, si la duración del paso de corriente a través del cuerpo es corta, el riesgo de lesiones severas o muerte se reducen enormemente. El valor de corriente permitido, puede basarse por lo tanto en el tiempo de despeje de las unidades de protección primaria o las protecciones de respaldo con un tiempo no mayor a $t < 10(\text{ms})$.

2.7. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

2.7.1. VALOR RECOMENDADO DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

El siguiente cuadro muestra los valores de resistencia de puesta a tierra dependiendo al tipo de instalación, del mismo nos interesa el valor referencial recomendado para plantas industriales.

TIPO DE INSTALACION	$R_{PAT} (\Omega)$
SUB ESTACION ELECTRICA MAYOR ($V_n > 69kV$)	< 1
SUB ESTACION ELECTRICA MEDIA ($69kV > V_n > 34.5kV$)	< 2
SUB ESTACION ELECTRICA Menor ($V_n < 34.5kV$)	< 3-5
TORRE DE TRANSMISION	< 5-10
SISTEMA DE PROTECCION CONTRA RAYOS	< 10
SISTEMA BT	< 25
TELECOMUNICACIONES	< 5

Tabla 2. Valores Recomendados de Resistencia Puesta a Tierra

Fuente: [NB 777, IBNORCA]

2.7.2. ELECTRODOS

El electrodo de tierra está diseñado para descargar las corrientes de falla hacia la tierra. De acuerdo con la norma, el sistema de electrodos de puesta a tierra se forma interconectando los siguientes tipos de electrodos (siempre que existan).

- Tubería metálica de agua enterrada.
- Estructura metálica del inmueble Electrodo empotrado en concreto.
- Anillo de tierra.
- Electrodos de jabalina o tubería
- Electrodo de Placa.

2.7.3. OTRAS ESTRUCTURAS O SISTEMAS METÁLICOS SUBTERRANEOS CERCANOS

También se tienen otras estructuras metálicas que se pueden utilizar para una puesta a tierra.

- Electrodo de aluminio. Para que las tuberías de gas puedan ser utilizadas estas deben tener una protección catódica a fin de evitar riesgos de explosión.

Básicamente los electrodos de tierra pueden dividirse en dos grupos.

Electrodos existentes: estos comprenden el sistema de tuberías subterráneas, estructura metálica de los edificios, pozos, en general, cualquier estructura metálica enterrada en el suelo para otro fin distinto al de la puesta a tierra

Electrodos intencionales: son aquellos electrodos especialmente diseñados para ser empleados en los sistemas de puesta a tierra.

En los siguientes puntos se explica cada uno de esos tipos de electrodos.

2.7.4. ELECTRODOS EXISTENTES

Podemos considerar como electrodos a los siguientes componentes:

2.7.4.1. TUBERIAS METÁLICAS DE AGUAS ENTERRADAS

Para que una tubería de agua pueda usarse como electrodo de puesta a tierra, debe reunir los siguientes requisitos:

- Contar mínimamente con 3 (m) de contacto directo con la tierra.
- Eléctricamente continua hasta el punto de conexión, puenteando el medidor del agua, si está colocado en una posición intermedia.

La única desventaja de su uso es que debe complementarse con un electrodo adicional, de cualquiera de los tipos mencionados arriba y que, en sistemas compuestos en su mayoría por equipos electrónicos, la corriente de fuga a tierra es en parte corriente continua y provoca corrosión galvánica en las tuberías.

2.7.4.2. ESTRUCTURA METÁLICA DEL EDIFICIO

La estructura metálica de los edificios puede ser usada siempre que esté bien sujeta a tierra, esto es, que su impedancia a tierra sea baja. Para que sea baja la impedancia, se deben unir las partes metálicas de las columnas con conductores según los calibres adecuados de los conductores de puesta a tierra.

2.7.5. ELECTRODOS PARA DESCARGA A TIERRA

Conductor embebido en el suelo y utilizado para coleccionar la corriente a tierra o para disipar la corriente de tierra hacia el suelo.

Entre los electrodos o jabalinas de puesta a tierra especialmente construidas para el sistema de puesta de tierra, se tienen los siguientes:

2.7.5.1. JABALINAS

De acuerdo con la norma las jabalinas y tubo, no deben tener menos de 2,40 (m) de largo y deben instalarse de tal modo que por lo menos 2,20 (m) de su longitud este en contacto con la tierra. Las jabalinas de metales no ferrosos deben contar con un diámetro no inferior a 16 (mm).

Las jabalinas de acero con un recubrimiento de cobre de 10 milésimas dura un promedio de 15 años en un suelo promedio; si tiene un recubrimiento de 13 milésimas dura hasta 20 años. En cambio, una jabalina de acero galvanizado tiene una vida estimada de 10 años.

Por tanto, es recomendable emplear jabalinas con recubrimiento de cobre, ya que asegura el buen funcionamiento de la puesta a tierra por un período de años superior.

La jabalina copperweld es una de las más usadas por su bajo costo. Este tipo de jabalina está fabricado de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud suele ser de 2,4 (m) y 3 (m) y un diámetro que va desde 5/8" (16 mm) a 1". La jabalina copperweld no tiene mucha área de contacto, pero si una longitud considerable, con la cual, es posible un contacto con capas de tierra húmedas, obteniéndose un valor de resistencia bajo.

Cuando la roca está a menos de 2,40 (m), estas jabalinas pueden hincarse en diagonal con un ángulo de 45 grados con respecto de la vertical. En casos extremos, será necesario enterrarlas horizontalmente en una trinchera abierta con una profundidad mínima de 0.8 (m) (véase la figura 11).

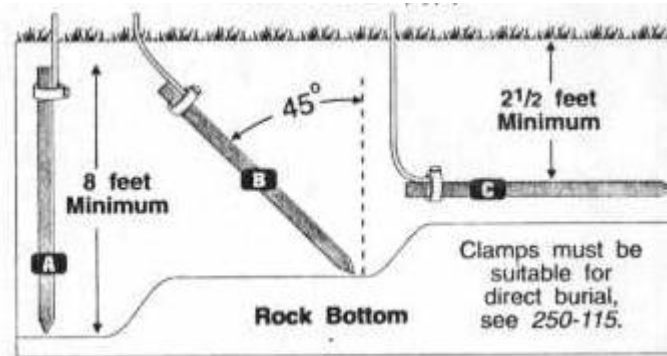


Figura 11. Instalación de Jabalina.

Fuente: [internet]

Cuando el valor de la resistencia de puesta a tierra no llega a los valores recomendados por la norma, en nuestro caso igual o menor a 5 (Ω), es necesario realizar un tratamiento para mejorar la resistividad del terreno. El tratamiento puede realizarse de varias formas:

Mediante el uso de gel higroscópico Thor-Gel

Mediante el uso de cemento conductor Thor-Cem

Mediante la combinación de gel y cemento conductor

Mediante el uso de aditivos especiales.

En el caso de usar el cemento conductor Thor-Cem, sus proveedores recomiendan el siguiente procedimiento a seguir:

- Preparar una zanja de dimensiones apropiadas en función al tipo de terreno y con una profundidad de 2.5 (m).
- Se prepara Thor-Cem y se vacía en la parte profunda de la zanja.
- Luego se fija la jabalina de 2,4 (m) de longitud dentro de un tubo de PVC de 5" fijamos la jabalina en el centro del tubo de PVC.
- Preparamos Thor-Cem para cubrir la jabalina en su totalidad y dejamos secar. Una vez que seco el Thor-Cem retiramos el tubo de PVC en toda la jabalina
- Para rellenar nuestra zanja utilizamos tierra negra mezclada con Thor-Cem. luego iremos compactando la tierra cada 30 o 40 (cm).
- En la parte superior se unirá la jabalina con el conductor desnudo por soldadura exotérmica.
- Se fijará una cámara de inspección para realizar el mantenimiento mediciones.

2.8. MALLAS

Los estándares sobre instalaciones eléctricas requieren de un sistema mallados de tierra con múltiples jabalinas y conductores enterrados, cuando están involucradas tensiones y corrientes eléctricas muy altas, con el fin de minimizar los riesgos al personal.

La malla consta de una red de conductores enterrados a una profundidad que usualmente varía 0.30 a 1,0 (m), colocados paralela y perpendicularmente con una separación adecuada en función a la resistividad del terreno medida y preferentemente formando retículas cuadradas.

El cable que forma el perímetro exterior de la malla debe ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipamiento eléctrico de la instalación eléctrica, subestación o planta generadora. Con ello, se evitan altas concentraciones de corriente y gradientes de potencial en el área y terminales cercanas.

En cada cruce de conductores de la malla, estos deben conectarse rígidamente mediante el uso de soldadura exotérmica entre si y en los puntos donde se conectan los equipos que pudieran presentar falla o en las esquinas de la malla, los conductores deben conectarse a jabalina 2,4 (m) de longitud mínima, clavados verticalmente y su unión debe ser efectuada mediante soldadura exotérmica.

Los cables que forman la malla deben colocarse preferentemente a lo largo de las estructuras o equipo para facilitar la conexión a los mismos. Los conectores empleados en la malla del sistema de tierras pueden ser de tipo compresión o mediante soldadura.

Los cables empleados en las mallas de tierra son de: acero, acero inoxidable, acero galvanizado, y cobre. Para evitar la corrosión galvánica en terrenos de baja resistividad, algunas compañías eléctricas desde el diseño utilizan en sus mallas de tierras, cable de cobre estañado para bajar el potencial electronegativo entre los diferentes metales.

El factor principal en la selección del material es la resistencia a la corrosión. El cobre es el material más utilizado porque es económico, tiene buena conductividad, es resistente a la corrosión y tiene un punto elevado de fusión (1083 °C) .

2.9. MEDICIONES DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

La medición de la resistencia de puesta a tierra es necesaria para determinar la resistencia actual de las conexiones a tierra, verificar la necesidad de un nuevo sistema de puesta a tierra, determinar cambios en el sistema de puesta a tierra actual y determinar

los valores de los voltajes de paso y contacto y su posible aumento que resulta de una corriente en el sistema.

2.10. FACTORES QUE INCIDEN EN LA RESISTIVIDAD

Es de gran importancia medir la resistividad del suelo cada vez que se tenga como objetivo la instalación de un sistema de puesta a tierra, ya que la resistividad del suelo fluctúa por muchas razones y ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre. A continuación, se presenta una recopilación de los factores que más inciden en la resistividad.

2.10.1. SALES SOLUBLES

La resistividad del suelo está determinada principalmente por la cantidad de electrolitos presentes, esto es, por la cantidad de humedad, minerales y sales disueltas. Como ejemplo, para valores de 1% (por peso) de sal (NaCl) o mayores, la resistividad es prácticamente la misma, pero, para valores menores a esta cantidad, la resistividad es muy alta. En la tabla 3, se muestra como varía la resistividad en función de la sal añadida.

Sal añadida % en eso	Resistividad (Q-m)
0	107
0.1	18
1	4.6
5	1,9
10	1.3
20	1

Tabla 3. EFECTOS DE LA SAL.
Fuente: [Diseño de Puesta Tierra del Centro Médico de Díaz Diego]

En la tabla 3, se muestra cómo se puede mejorar la resistividad añadiendo sal, pero, esto puede ser contradictorio ya que la jabalina puede acelerar su oxidación y acortar

su vida útil. Por esta razón las jabalinas de acero son bañadas con cobre para retardar su oxidación.

2.10.2. COMPOSICIÓN DEL TERRENO

La composición del terreno depende de la naturaleza del mismo. Los rangos de resistividad, según la composición del terreno son muy amplios. En un sitio determinado, no es posible conocer la resistividad hasta no realizar la medición. Sucede incluso, que, para una misma clase de terreno, situada en distintas regiones, la resistividad pueda ser sensiblemente diferente.

Por ejemplo, el suelo de arcilla normal tiene una resistividad de 40-500 (Ω -m) por lo que una jabalina enterrada a 3 (m) tendrá una resistencia a tierra de 15 a 200 (Ω) respectivamente.

En cambio, la resistividad de un terreno rocoso es de 5000 (Ω -m) o más alta, y tratar de conseguir una resistencia a tierra de unos 100 (Ω -m) o menos con una sola jabalina es virtualmente imposible.

En la tabla 4, se muestra como varia la resistividad para terrenos de distinta composición.

Composición física	Resistividad (Ω -m)
Agua de mar (referencia)	1-2
Pantano	2-3
Arcilla	3-160
Arcilla con arena y grava	10-1350
Greda	60-400
Caliza	5-10000
Granito	10000
Pizarra	100-500
Roca (normal cristalizada)	500-10000

Tabla 4. Valores de Resistividad en diferentes tipos de suelo.
Fuente: [Diseño de Puesta a Tierra del Centro Médico de Díaz Diego]

La textura se refiere a la cantidad y tamaño de las sustancias orgánicas que posee arena, limo, arcilla

Una clasificación más detallada de los suelos se presenta en la tabla 7, da una primera indicación de las características de la constitución de los suelos y de la influencia que estas tienen en las propiedades de carácter agronómico de los mismos, como son la aireación del terreno, la permeabilidad, la capacidad de retención del agua, etc. Sin embargo, esta clasificación no tiene en cuenta la calidad y propiedad de determinados

componentes del suelo, los cuales pueden provocar acciones determinantes sobre la dinámica del suelo mismo y sobre la relación agua suelo.

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			Arena muy fina
0,05	Arena fina	Arena fina	Arena fina
0,1		Arena fina	Arena media
0,25		Arena gruesa	Arena gruesa
0,2		Arena muy gruesa	Arena gruesa
0,5	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
1,0		Arena muy gruesa	Arena gruesa
2,0	Grava fina	Grava fina	Grava
3,0		Grava	Grava
5,0	Grava	Grava	Grava
10,0		Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
>20,0		Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras

Tabla 5. Textura de Suelos

Fuente: [textura de suelos Wikipedia]

Estos valores referenciales pueden usarse con buen criterio, sólo en caso de existir la imposibilidad de conocer la resistividad real del terreno.

2.10.3. ESTRATIFICACIÓN DEL TERRENO

La composición del suelo es generalmente estratificada en varias capas o formaciones diferentes, lo cual se traduce en resistividades en cada capa o estrato. Este hecho presenta una contradicción con muchos textos y memorias de cálculo de proyectos, donde se asume que el suelo es uniforme.

2.10.4. GRANULOMETRIA

Influye bastante sobre la porosidad y el poder de retención de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos aumentando la resistividad con el mayor tamaño de los granos de la tierra. Por esta razón la resistividad de la grava es superior a la arena y esta mayor a la arcilla.

2.10.5. ESTADO HIGROMETRICO

El contenido de agua y la humedad influyen en forma apreciable en la resistividad del terreno. Su valor varía con el clima, época del año, profundidad y el nivel freático. Como ejemplo, la resistividad del suelo se eleva considerablemente cuando el contenido de humedad se reduce a menos del 15% del peso de este. Pero, un mayor contenido de humedad del 15% mencionado, causa que la resistividad sea prácticamente constante. Puede darse el caso de que en tiempo de sequía, un terreno puede tener tal resistividad que no pueda ser empleado en el sistema de puesta a tierra. Por ello, el sistema debe ser diseñado tomando en cuenta la resistividad en el peor de los casos.

Contenido de humedad Resistividad ($\Omega - m$)		
(% en peso)	Capa superior	Barro arenoso
0	10×10^6	10×10^6
2,5	2500	1500
5	1650	430
10	530	185
15	210	130
20	120	100
30	100	80

Tabla 6. Influencia de la Humedad sobre la Resistividad.
Fuente: [Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas de IBNORCA, NB 777]

2.10.6. TEMPERATURA

A medida que desciende la temperatura aumenta la resistividad del terreno y ese aumento se nota aún más al llegar a 0 ($^{\circ}\text{C}$), hasta el punto que, a medida que es mayor la cantidad de agua en estado de congelación, se va reduciendo el movimiento de los electrolitos los cuales influyen en la resistividad de la tierra.

Temperatura °C	Resistividad (Ω-m)
20	72
10	99
0	138
0	300
-5	790
-15	3300

Tabla 7. Efecto de la temperatura sobre la Resistividad.
Fuente: [Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas de IBNORCA, NB 777]

Es recomendable por este motivo, esperar un tiempo prudente posterior a la instalación de la puesta a tierra, para poder obtener una medición real de la resistencia obtenida

2.11. MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

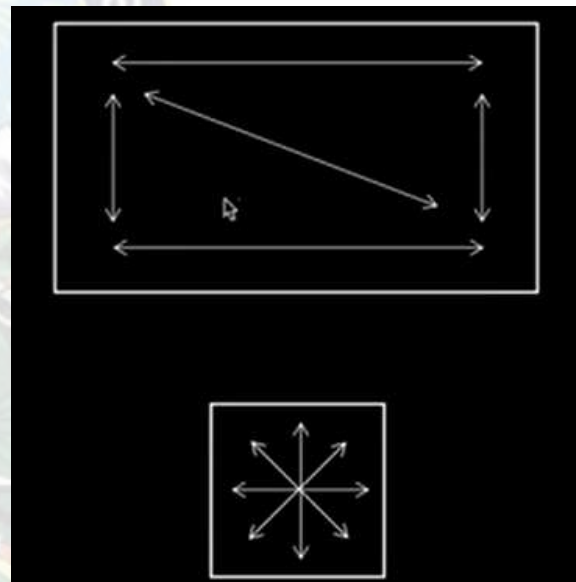
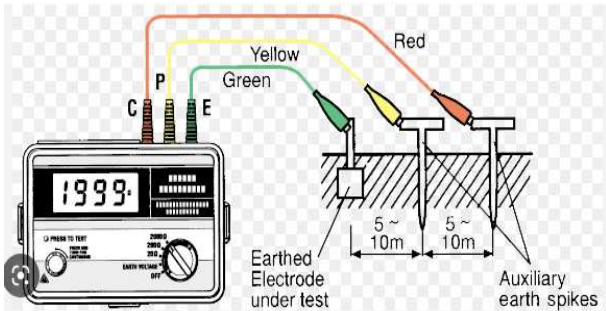
El perfil de la resistividad del suelo determinara el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de nuestro sistema de puesta a tierra. Para medir la resistividad del suelo se requiere de un telurómetro,

Este equipo debe inyectar una corriente cuya frecuencia no sea superior a 50 (Hz) para evitar mediciones erróneas debido a la presencia de ruidos o interferencias. Por otra parte, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y/o resistencia de tierra, con un equipo de 50 (Hz), dichos sistemas inducen corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos presentes, originando también lecturas erróneas.

De igual manera, cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y voltaje. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, este leerá otras señales de voltaje y corriente que no son las adecuadas.

Un aparato inteligente, lleva conductores forrados, coaxiales, tiene sistemas de filtraje, de análisis y mide lo que halla, pero esa información la analiza, la filtra y luego la deduce. Por ejemplo, para hacer una medición manda una señal de 100 (Hz) y mide; luego manda otra señal de 150 (Hz) y vuelve a medir y puede seguir enviando otras altas frecuencias hasta que los valores van siendo similares, forma una estadística y obtiene un promedio. Estos equipos pueden ser analógicos o digitales y deben contar con 4 carretes de cable calibre 14 AWG normalmente. Para enrollamiento rápido se recomienda construir un sistema devanador que permita reducir el tiempo de la medición. También traen 4 electrodos de prueba; de material con la dureza suficiente para ser hincados en la tierra

con un mazo. Son de una longitud aproximada de 60 (cm) y un diámetro de 16 (mm). Además de lo anterior se hace necesario contar con una cinta no metálica de 50 (m) aproximadamente.



TELUMETRO MEGA BRAS 4455

Figura 12. Equipo de Medición Utilizado
Fuente: [Elaboración Propia],

2.12. MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

El REGLAMENTO TÉCNICO PARA INSTALACIONES ELECTRICAS "RETIE" propone los siguientes métodos de cálculo:

- Método de Wenner.
- Método de Schlumberger.
- Método de Laurent y Niemann.
- Método de Dwight.

2.12.1. MÉTODO DE WENNER

Con objeto de medir la resistividad del terreno se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno; por el contrario, no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque si dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra

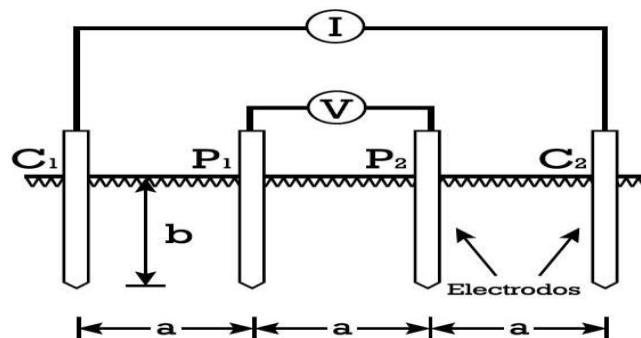


Figura 13. Método de Wenner
Fuente: [Diseño de Puesta a Tierra del Centro Médico de Díaz Diego].

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre los electrodos exteriores C_1 y C_2 , mientras que el potencial que aparece se mide entre los electrodos interiores P_1 y P_2 . Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón (VII) es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno está en función de la resistencia y de la geometría del electrodo dada por la siguiente expresión.

Como ejemplo, si la distancia entre electrodos (a) es de 3 (m), b es 0,15 (m) y la lectura del instrumento es 0,43(Ω) la resistividad promedio del terreno a una profundidad de 3 (m),

es de 8,141 ($\Omega\text{-m}$) según la fórmula completa y de 8, 105 ($\Omega\text{-m}$) según la fórmula simplificada, es decir:

Mediante el uso de la ecuación completa.

$$\rho = \frac{4 \times \pi \times \rho \times a \times R}{\left[1 - \left[\frac{2 \times a}{(a^2 + 4 + b)^{0.5}} \right] - \left[\frac{2 \times a}{(4 + a^2 + 4 + b^2)^{0.5}} \right] \right]} \quad (9)$$

$$\rho = \frac{4 \times \pi \times 3 \times 0.3}{\left[1 - \left[\frac{2 \times 3}{(3^2 + 4 + 0.15)^{0.5}} \right] - \left[\frac{2 \times 3}{(4 + 3^2 + 4 + (0.15)^{0.5})^{0.5}} \right] \right]}$$

$$\rho = 8.14(\Omega - m)$$

Si la distancia enterrada (b) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (a), es decir, $a > 20b$, la fórmula simplificada será:

$$\begin{aligned} \rho &= 2 \times \pi \times \rho \times a \times R & (10) \\ \rho &= 2 \times 3.14 \times 0.43 \\ \rho &= 8.105 (\Omega - m) \end{aligned}$$

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno con un radio igual a la separación de los electrodos.

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio del terreno a una profundidad $A = \frac{3}{4} \times a$, en nuestro caso:

$$h = \frac{3}{4} \times 2 = 1.5 \text{ m}$$

2.12.2. MÉTODO DE SCHLUMBERGER

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea 4 electrodos, pero, la separación entre sus electrodos interiores o de potencial se mantienen constantes y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia en múltiplos de (na) de la separación base de los electrodos internos (a).

La configuración de este método se muestra en la figura 14.

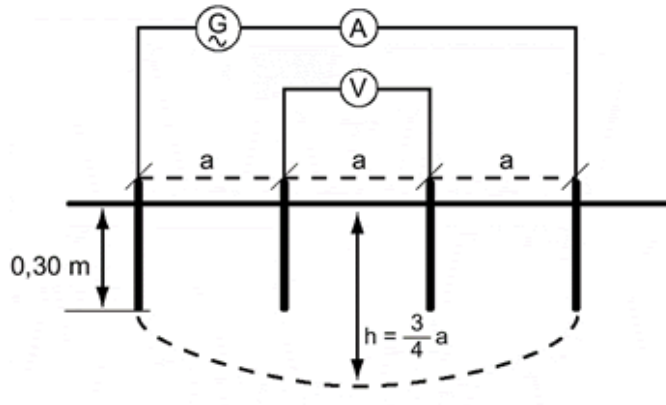


Figura 14. Método de **SCHLUMBERGER**
Fuente: [Diseño de Puesta a Tierra del Centro Médico de Díaz Diego].

La expresión de la resistividad correspondiente a este método se muestra a continuación

$$\rho = 2 \pi x R x a(n + 1) \quad (11)$$

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requiere conocer la resistividad desde capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner.

Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas.

2.13. MÉTODOS COMPARATIVOS

Para poder confirmar que nuestro trabajo de puesta a tierra es el adecuado, utilizaremos el método de Laurent y Niemann y el método de Dwight, estos métodos nos servirán para poder corroborar los resultados obtenidos.

2.13.1. MÉTODO DE LAURENT Y NIEMANN

Este método es aproximado y la expresión para el cálculo de la resistencia del terreno y está dada por:

$$R = 0.443 \times \rho \times \left(\frac{1}{\sqrt{A_\gamma}} + \frac{1}{L} \right) \quad (12)$$

Donde.

R = Resistencia en (Ω).

A_γ = Área de la malla de puesta a tierra en (m^2).

ρ = Resistividad del suelo (Ω -m).

L = Longitud total del conductor (m).

La ecuación (12), es una aproximación y su resultado siempre es mayor al valor real

2.13.2. MÉTODO DE DWIGHT

Este método es mucho más largo, pero más exacto que el anterior, el primer paso consiste en hallar la resistencia de un conductor de la malla.

$$R_s = \frac{1}{2 \times \pi \times \rho \times L} \times \left[\ln\left(\frac{2 \times L}{r}\right) + \ln\left(\frac{L}{h}\right) + \frac{2 \times h}{L} - 2 \right] \quad (13)$$

Donde:

R_s = Resistencia de puesta a tierra de un solo conductor en (Ω).

ρ = Resistividad en (Ω -m).

L' = Longitud del conductor (m).

h = Profundidad de enterramiento del conductor (m).

r = Radio del conductor en (m).

$$R_{su} = \frac{1}{2 \times \pi \times \rho \times L'} \times \left[\ln\left(\frac{2 \times L'}{r}\right) + \ln\left(\frac{L'}{h}\right) + \frac{2 \times h}{L'} - \frac{h^2}{(L')^2} \right] \quad (14)$$

Donde:

R_{su} = Resistencia de un solo conductor de unión en (Ω)

Este valor está en función de $L' = B = 2$.

Una vez calculada esta resistencia, se procede al cálculo de la resistencia mutua, debida a la interferencia entre los conductores, tal resistencia es:

$$R_a = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L'} \times \left[\ln\left(\frac{4 \times L'}{E}\right) + \ln\left(\frac{E}{2 \times L'}\right) + \frac{E^2}{16 \times (L')^2} \right] \quad (15)$$

Donde:

R_a = Resistencia mutua en (Ω)

E = Espaciamiento equivalente entre un conductor y los demás en (m).

La resistencia total de un conductor es:

$$R_c = R_s + (n - 1) \times R_a \quad (16)$$

La resistencia de n conductores es:

$$R_{cn} = \frac{R_c}{n} \quad (17)$$

En forma análoga, se determina la resistencia de los conductores transversales de unión.

La resistencia "mutua" de los componentes de unión, incluyendo la interferencia, debida a los conductores transversales a los cuales se encuentran unidos es:

$$R_{am} = (m - 1) \times R_{au} + (n - 1) \times R_a \quad (18)$$

R_{am} = Resistencia mutua de conductores de unión (Ω).

La resistencia total de un solo conductor de unión es:

$$R_{cu} = R_{su} + R_{am} \quad (19)$$

R_{su} = Resistencia de un solo conductor de unión (Ω).

La resistencia de los m conductores es:

$$R_{cm} = \frac{R_{cu}}{m} \quad (20)$$

La resistencia total de la malla está dada por

$$R = \frac{R_{cn} \times R_{cm}}{R_{cn} + R_{cm}} \quad (21)$$

2.14. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA MALLA

Para calcular la sección del conductor se aplica la siguiente ecuación:

$$A_c = I \times \left(\frac{33 \times t}{\log\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

En dónde:

A_c = Sección del conductor (CM),

I = Corriente máxima de falla (A.)

T_m = Temperatura máxima en los nodos de la malla (450 °C con soldadura y 250(°C) con conector de jabalina de 5/8").

T_a = Temperatura ambiente (°C).

t = Tiempo máximo de despeje de la falla (seg).

Sin embargo, la sección mínima recomendable es 1/0 AWG para la malla y 5/8" para las jabalinas, estos valores mínimos van de acuerdo a prácticas internacionales.

2.14.1 PERFIL DE RESISTIVIDAD

Para obtener el perfil de resistividad en un punto dado, se utiliza el Método de Wenner con espaciamientos entre electrodos de prueba cada vez mayores. Por lo general, para cada espaciamiento se toman dos lecturas del trazo del promedio de las mediciones de resistividad (R) y la distancia entre electrodos (a), se denomina perfil de resistividad aparente del terreno.

2.14.2. CALCULO DE LA RESISTENCIA SOLICITADA

el valor de la resistencia obtenido en el siguiente trabajo debe seguir las recomendaciones mencionadas anteriormente, y debe de estar comprendida entre $2(\Omega) < R_{PAT} < 5(\Omega)$ esto para ser un valor adecuado para el correcto funcionamiento de los equipos indicados con anterioridad.

2.14.3. RESISTIVIDAD DEL TERRENO

para la medición de la resistividad se emplea el método de wenner generando un grupo de mediciones iguales a 2,4 y 8 metros de separación con el propósito de considerar la variación de la resistividad en función de la profundidad del suelo. los estudios realizados reportan que el área seleccionada presenta dos estratos de terreno de distinta resistividad los valores de la resistencia y espesor de estrato se presentan en la tabla siguiente.

Resistividad 1er estrato [Ω]	Resistividad 2er estrato [Ω]	Espesor del 1er estrato (m)
324.24	31.29	2.61

Tabla 8. Estudio de la resistividad del terreno
Fuente. [Elaboración Propia]

2.14.4. QUE ES EL HUMUS

El humus es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal que provienen de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos (como hongos) y bacterias se caracteriza por su color negrozco debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Utilizado en este caso para lograr con la mezcla de tierra y este elemento un terreno favorable para nuestro proyecto.



Figura 15. Humus para la mezcla con tierra
Fuente [Elaboración Propia]

El **humus** constituye una reserva importante de materia orgánica en el suelo y su influencia en el suelo es tanto física, química como biológica. Física ya que da consistencia tanto a los suelos ligeros como a los compactos, evita la formación de costras, ayuda a la retención de agua y al drenado de la misma.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

3.1. PROCEDIMIENTO

Tomando como antecedente que Un informe del ministerio de medioambiente y aguas MMAyA, establece que de 219 plantas de tratamiento de aguas residuales inventariadas en Bolivia, 113 no funcionan de manera adecuada, lo que significa que sólo el 30,5% de las aguas residuales de toda la población boliviana son tratadas de manera adecuada.

El impacto de la descarga de aguas residuales sin tratamiento se traduce en la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas (para consumo humano, para cultivos) impactando directamente en la salud de la población.

Es en este sentido que la meta del MMAyA y del Gobierno, es llegar hasta 2030 a lograr el 65% del tratamiento de aguas residuales en todo el país, logrando una gestión sostenible y resiliente de estos líquidos, para conservar el medio ambiente con la participación de toda la ciudadanía y los tres niveles de gobierno.

Logrando De esta manera el ministerio y las empresas en todo el país tener mecanismos para lograr este cometido, en esta situación la empresa realiza la adquisición e instalación de dicha planta de tratamiento de aguas hace unos años atrás.



Figura 16. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Fuente [Elaboración Propia]

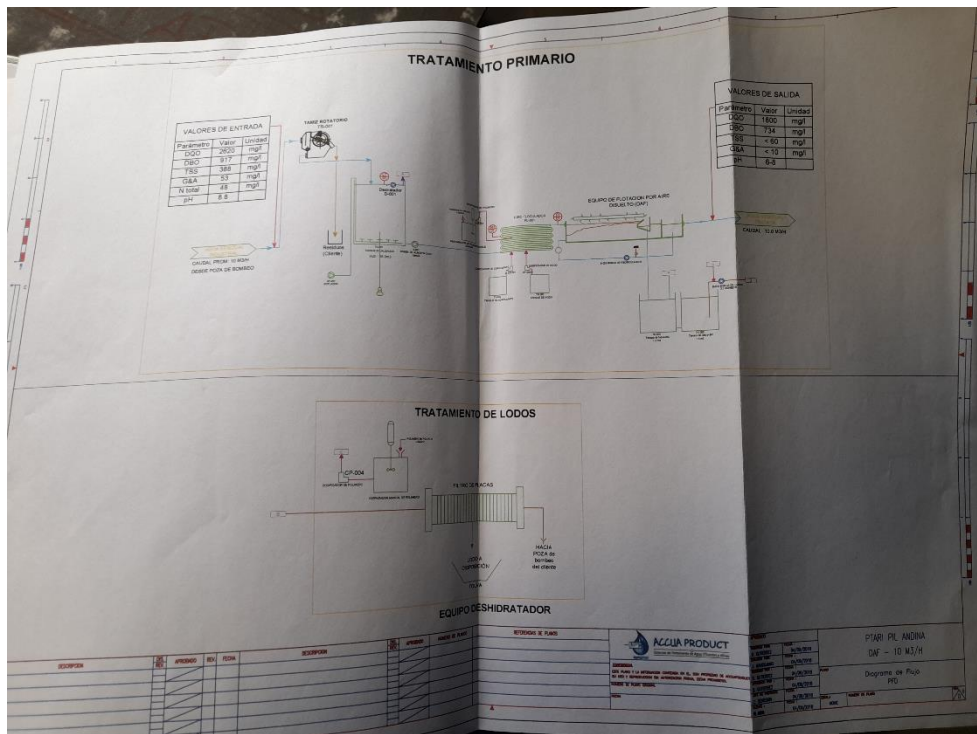


Figura 17. Planta de tratamiento de Aguas Residuales
Fuente [Elaboración Propia]

La necesidad de tener un sistema de puesta a tierra en, planta de tratamiento de agua equipo que se instaló recientemente el cual genero una vez instalado varios problemas debido a que este no contaba con un sistema de puesta a tierra adecuado al encontrarse a una distancia considerable de la sala de tableros principales por ende del sistema de puesta a tierra anterior en el cual su diseño no estaba contemplado la incorporación de esta planta. Por lo cual se propuso el siguiente diseño de proyecto a implementarse

Los problemas que se presentaron principalmente fueron electrónicos como ser lectura errónea de señales de sensores los cuales no permiten el normal funcionamiento del equipo de control PLC, los cuales en un principio tienden a trabajar de manera correcta por un momento, pero después de un tiempo con defecto, al no existir un buen sistema de puesta a tierra se dañaron varios módulos de expansión del PLC, deteniendo de esta manera el normal funcionamiento de la planta.



Figura 18. Tablero Planta de tratamiento de Aguas
Fuente [Elaboración Propia]

Para el control de la planta de cuenta con un tablero principal ubicado a lado de la planta como indica la figura, se realiza el diseño del sistema de puesta a tierra tomando las consideraciones del caso.

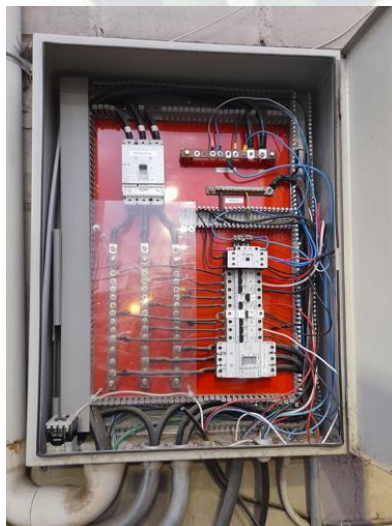


Figura 19. Tablero principal de la planta de tratamiento
Fuente [Elaboración Propia]

CAPÍTULO IV.

4. REDISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

En el capítulo cuatro realizaremos todos los cálculos partiendo de los datos obtenidos en la planta, estos datos nos indicaran el lugar adecuado para realizar la nueva puesta a tierra, todo cálculo se realizará como se describió en el capítulo 2, del presente documento.

Esta etapa comprende el estudio del terreno y del sistema eléctrico para el cual se diseña cualquier sistema de puesta a tierra. A continuación, se definirán los diferentes pasos a seguir.

4.1 DEFINIR LA RESISTIVIDAD DE PUESTA A TIERRA DESEADA

En función a las mediciones realizadas con el telurómetro, utilizando los métodos Wenner y Schlumberger, encontramos el mejor lugar para nuestro aterramiento, tomamos el valor más bajo de la tabla 12. El telurómetro utilizado fue el TELUMETRO MEGA BRAS 4455 con las mediciones realizadas, el método Wenner nos brindó el mejor lugar y el método Schlumberger nos indicó la profundidad a la que se deben aterrar nuestras jabalinas de cobre, la resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones $h=(3/4)a$, representa la resistividad promedio del terreno a una profundidad h , por lo que este método nos da una idea de nuestra puesta a tierra, la separación en el método Schlumberger los electrodos centrales o de potencia (a) se mantiene constante y las mediciones se realizaran variando la distancia de los electrodos externos a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos (a).

Se realizó el procedimiento necesario para las mediciones correspondientes

De acuerdo a las especificaciones del fabricante de los equipos instalados, indican que para un buen funcionamiento el valor de la resistencia a obtener debe estar en el rango:

$$2 (\Omega) < R_{PAT} < 5(\Omega)$$

DATOS TOMADOS EN PLANTA DE AGUAS RESIDUALES										
Gráficos	ZONA URBANA		Wenner			Schlumberger			Valores Considerados	
	Zona:Rio Seco	°	V(v)	R(Ω)	h(m)	V(v)	R(Ω)	h(m)	Dato adicional	
Método Wenner	Primera Medición	0°	7,65	10,00	1,5	7,66	5,90	1,5	t =10 c°	
		90°	1,56	5,60	1,5	11,53	30,00	1,5	a=2	
		180°	0,80	14,00	1,5	4,90	11,21	1,5	d=0,3	
		270°	2,12	9,13	1,5	0,30	12,84	1,5	n=1,5	
	Segunda medición	0°	1,20	16,79	1,5	11,19	15,34	1,5	t =10 c°	
		90°	10,06	31,81	1,5	10,07	12,38	1,5	a=2	
		180°	0,90	8,10	1,5	8,11	5,79	1,5	d=0,3	
270°		0,87	11,97	1,5	8,10	28,91	1,5	n=1,5		
Método Schlumberger	Tercera medición	0°	0,13	7,91	1,5	3,90	5,24	1,5	t =10 c°	
		90°	0,72	8,58	1,5	6,98	10,33	1,5	a=2	
		180°	4,61	0,67	1,5	0,80	2,32	1,5	d=0,3	
		270°	0,18	3,47	1,5	10,17	19,44	1,5	n=1,5	
	Cuarta Medición	0°	0,20	12,27	1,5	0,56	11,12	1,5	t=10 c°	
		90°	0,17	10,62	1,5	11,60	9,52	1,5	a=2	
		180°	0,14	6,62	1,5	0,05	13,06	1,5	d=0,3	
		270°	0,21	12,53	1,5	13,93	7,91	1,5	n=1,5	
	Observaciones.- las mediciones se efectuaron									

Tabla 9. Recopilación de datos mediadas R
Fuente [Elaboración Propia]

Los datos medidos según muestra la tabla 9, muestran que la resistencia varía según el ángulo.

Cálculos de Resistencia (Ω) .					
Nº de medida y Ángulo		Wenner		Schlumberger	
		Voltaje	Resistencia	Voltaje	Resistencia
1	1 ^{er} 0°	8,65	10,50	7,66	7,00
2	1 ^{er} 90°	13,56	5,90	11,53	31,00
3	1 ^{er} 180°	0,90	13,00	4,90	11,21
4	1 ^{er} 270°	2,12	9,53	0,30	11,84
5	2 ^{da} 0°	11,20	15,79	11,19	14,34
6	2 ^{da} 180°	10,06	32,81	10,07	12,38
7	2 ^{da} 180°	0,90	7,10	8,11	6,79
8	2 ^{da} 270°	0,87	14,97	8,10	27,91
9	3 ^{er} 0°	0,13	6,91	3,90	4,24
10	3 ^{er} 90°	0,72	7,58	6,98	11,33
11	3^{er} 180°	4,61	0,67	0,80	2,32
12	3 ^{er} 270°	0 18	3,47	10,17	19,44
13	4 ^{ta} 0°	0,20	12,27	0,56	11,12
14	4 ^{ta} 90°	0,17	10,62	11,60	8,52
15	4 ^{ta} 180°	0,14	6,62	0,05	12,06
16	4 ^{ta} 270°	0,21	13,53	14,93	8,11

Tabla 10. Cuadro de Resistencia
Fuente: [Elaboración Propia]

En la tabla 10, se puede notar que el valor de resistencia en el número 11, es el más bajo y trabajaremos con este valor.

Medida la resistencia, podremos calcular el valor de la resistividad de acuerdo a los criterios de Wenner y Schlumberger.

METODO WENNER

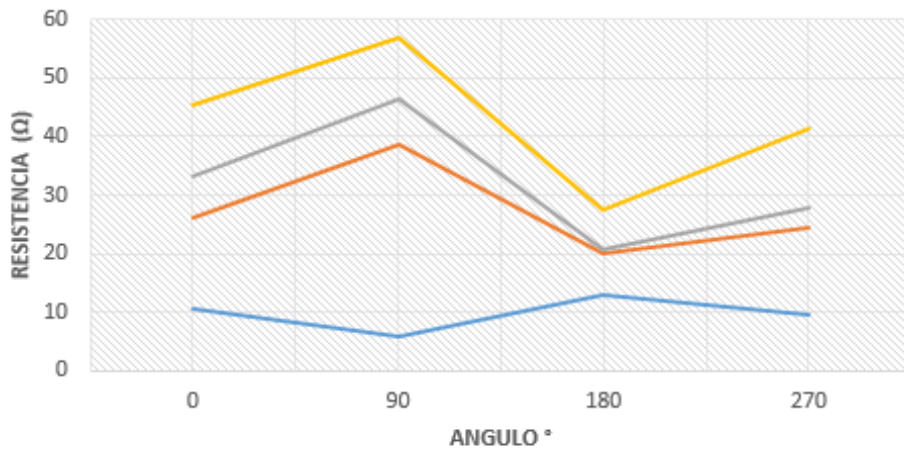


Figura 20. Grafico Resistencia vs Angulo de giro

Fuente: [Elaboración Propia]

METODO DE SCHLUMBERGER

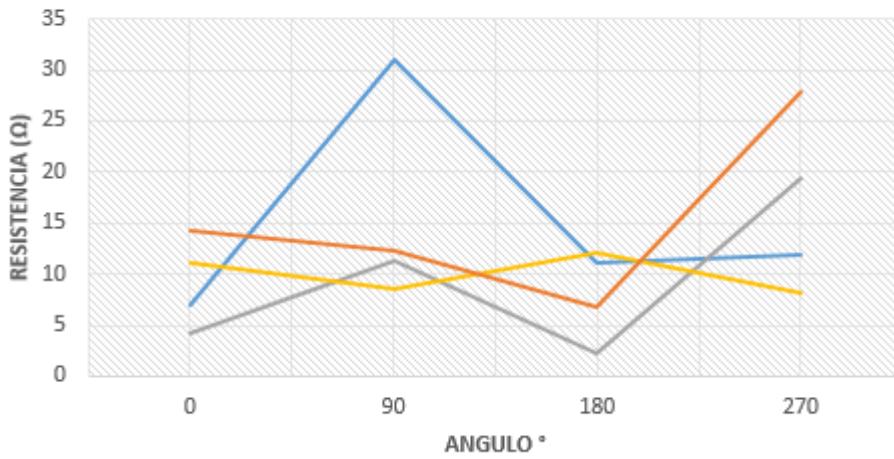


Figura21.Grafico Resistencia vs Angulo de Giro

Fuente: [Elaboración Propia]

Método de Wenner:

$$\rho = 2 \pi x a x R$$

Método de Schlumberger:

$$\rho = 2 \pi x R x n a x(n + 1) \quad (11)$$

La tabla 13, muestra los valores calculados de la resistividad para las distintas medidas realizadas con el telurómetro.

Cálculos de Resistividad (Ω -m)					
Nº de medida y Angulo		Wenner		Schlumberger	
		Voltaje	Resistividad	Voltaje	Resistividad
1	1 ^{er} 0°	7,65	131.94	7,66	324.86
2	1 ^{er} 90°	11,56	74.14	11,53	1460.84
3	1 ^{er} 180°	0,80	163.36	4,90	528.26
4	1 ^{er} 270°	2,12	119.75	0,30	557.94
5	2 ^{da} 0°	11,20	198.42	11,19	675.75
6	2 ^{da} 90°	10,06	412.30	10,07	583.39
7	2 ^{da} 180°	0,90	89.22	8,11	319.97
8	2 ^{da} 270°	0,87	188.2	8,10	1315.22
9	3 ^{er} 0°	0,13	86.83	3,90	199.80
10	3 ^{er} 90°	0,72	95.25	6,98	533.91
11	3^{er} 180°	4,61	8.42	0,80	109.33
12	3 ^{er} 270°	0,18	43.60	10,17	916.09
13	4 ^{ta} 0°	0,20	154.18	0,56	524.02
14	4 ^{ta} 90°	0,17	133.45	11,60	441.0
15	4 ^{ta} 180°	0,14	83.18	0,05	382.17
16	4 ^{ta} 270°	0,21	170.02	13,93	372.75

Tabla 11. Cuadro de Resistividad.
Fuente: [Elaboración Propia].

En la tabla 11, se puede notar que el valor de resistividad en la casilla número 11, es el más bajo y el recomendado para realizar los cálculos necesarios, trabajaremos con este valor.



Figura 22. Grafico Resistividad vs Angulo de Giro
Fuente: [Elaboración Propia]

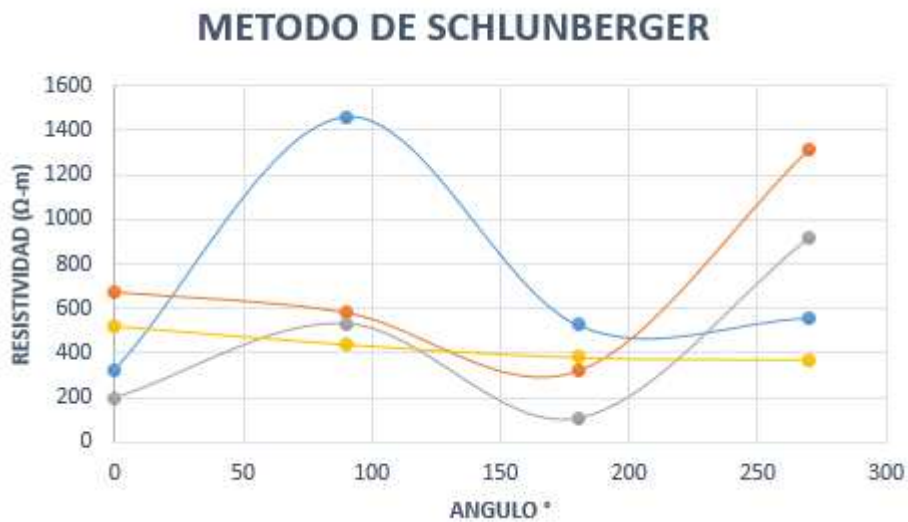


Figura 23. Grafico Resistividad vs Angulo de Giro
Fuente: [Elaboración Propia]

4.1.1. REVISIÓN DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS

Se solicitaron los planos eléctricos de la instalación realizada en la planta, para poder revisar el trazo de los ductos, ubicación de los cuadros eléctricos, disposición del sistema de tierra antiguo, ubicación del puesto de transformación, entre otros.

4.1.2. DEFINIR TEMPERATURA MÁXIMA DE AMBIENTE

Al momento de realizar las medidas con el respectivo instrumento en el lugar seleccionado para la instalación se verifico una temperatura promedio de $T_a=10\text{ }^{\circ}\text{C}$

La T_m Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) en los nodos de la malla $T_m = 450\text{ }(^{\circ}\text{C})$ con soldadura y $250\text{ }(^{\circ}\text{C})$ con conector terminal de jabalina de 5/8").

4.1.3. CÁLCULO DE LA MÁXIMA CORRIENTE DE FALLA A TIERRA

Para el cálculo de la máxima corriente de falla a tierra, tomaremos el valor del interruptor automático que se proyectó en el diseño eléctrico el cual se muestra en la siguiente figura.



Figura 24 Interruptor térmico de la planta.
Fuente: [Elaboración Propia].

Las características de este dispositivo de protección son las siguientes

Las características generales según manual de EATON, Nuevos interruptores automáticos en caja moldeada de baja tensión, de hasta 125 (A) ver figura. Las nuevas series de interruptores automáticos en caja moldeada Tmax, T3N 250 conformes con la Norma IEC 60947-2, se articula en cinco tamaños básicos, con un campo de aplicación de 200 (A) y poderes de corte Icu= 28 (kA) (a 400/415 (V) en corriente alterna)

$$A_c = I_{cc} \times \left[\frac{33 \times t}{\log\left(\frac{T_m - T_m}{234 + T_a} + 1\right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (CM) \quad (22)$$

Donde 1(CM) = 0.0005 (mm),

$$1(CM) = 5 \times 10^{-4} \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_c = 28000 \times \left[\frac{33 \times 0.016}{\log\left(\frac{450 - 10}{234 + 10} + 1\right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (CM)$$

$$A_c = 39096.89 \text{ (CM)} \times \frac{0.0005 \text{ mm}^2}{1CM} = 15.205 \text{ mm}^2$$

la sección de este conductor con una corriente de corte de 28(kA) el calibre mínimo permitido por la norma IEEE80-2000 se elige el conductor AWG1 1/0 con una sección de 50 mm² que contiene un diámetro igual a 9.5mm con los valores obtenidos realizamos los cálculos correspondientes.

4.1.4. DEFINIR EL MAXIMO TIEMPO DE DESPLIEGUE DE FALLA

tiempo máximo de despeje de falla está dado por el interruptor automático Tmax , de los equipos ,en este caso de la línea EATON y el tiempo que adoptaremos será T= 0.06(s) según la curva de funcionamiento mostrada en la figura .

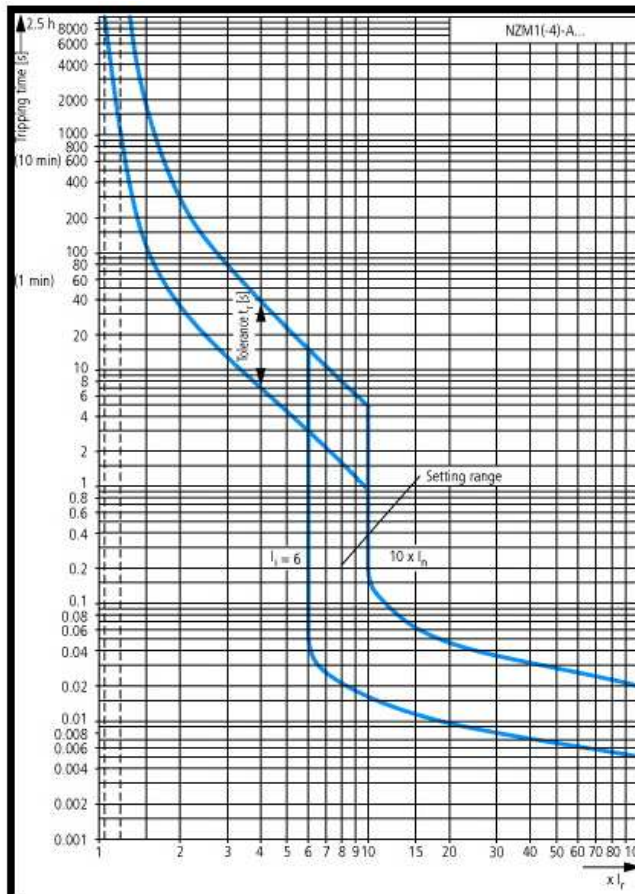


Figura 25. Tiempo de despeje de falla

Fuente: [catalogo EATON]

consideramos un interruptor LZMC1 $I_n = 125$ (A)

en base a las condiciones en las cuales se presenta la sobrecarga, es decir con el interruptor a régimen térmico o fuera de régimen, la actuación de la protección térmica varia significativamente

por ejemplo, par la corriente de sobrecarga $3x I_n$, el tiempo de actuación comprendido entre 107.9(s) y 31.5(s) para actuación en frio y entre 31.5(s) y 7.0(s) para actuación en caliente

Para los valores de corriente de defecto superiores a 2500 (A) el interruptor interviene con la protección magnética instantánea.

4.1.5. ESTABLECER LAS TENSIONES DE SEGURIDAD PERMITIDAS.

Como ya se explicó en el capítulo 2, calcularemos las tensiones de paso y de contacto, para esto necesitamos conocer calcular los coeficientes K_m , K_i , K_s . Estos coeficientes pueden ser calculados siempre y cuando tengamos disponible la información contenida en la tabla 12.

A	Longitud de la malla (m)	6
B	Ancho de la malla (m)	2
D	Espaciamientos entre conductores (m).	2
n	Número de conductores en paralelo de longitud A (m)	2
m	Número de conductores en paralelo de longitud B (m)	3
L	Longitud total del conductor (m)	18
d	Diámetro del conductor (m)	0,008214
h	Profundidad de enterramiento (m)	2,4
ρ	Resistividad del suelo (Ω -m)	8,42
I	Corriente máxima de corto circuito (A)	28000
ρ_s	Resistividad superficial (Ω -m)	1160
t	Tiempo máximo de despeje de la falla (s)	0,016
A_γ	Area de la malla de puesta a tierra en (m)	12
r	Radio del conductor (m)	0,004382
T_m	Temperatura máxima en los nodos de la malla oc	450°
T_a	Temperatura ambiente °C	10°

Tabla 12. Valores planteados para realizar los cálculos
Fuente: [Elaboración Propia].

Los primeros 5 valores de la tabla 12, son los que deben definir la cuadrícula de nuestro aterramiento, los demás valores salen o son resultado de las fórmulas ya mencionadas en el capítulo 2, mismas que nos sirven para poder calcular los coeficientes k_m , k_i , k_s , y posteriormente encontrar el valor de la resistencia (Ω) deseada.

En la tabla 4 en el capítulo 2 composición del terreno vemos que el valor está dentro del rango y el valor de resistividad es 1160(Ω -m)

Composición física	Resistividad (Ω -m)
Arcilla con arena y grava	10-1350

Tabla 13. Valores de Resistividad en diferentes tipos de suelo
Fuente: [Elaboración Propia]

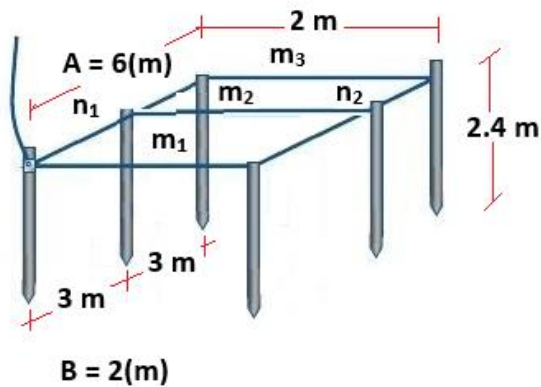


Figura 26. Malla de puesta a Tierra
Fuente [Elaboración Propia]

La longitud total del conductor esta dad por

$$L = n \times A + m \times B \quad (5)$$

$$L = 2 \times 6 + 3 \times 2 = 18 \text{ (m)}$$

L : nos indica l longitud del conductor desnudo de cobre contenido que ira soldad a las jabalinas de cobre .

K_m es :

$$K_m = \frac{1}{2 \times \pi} \times \ln \left(\frac{D^2}{16 \times h \times d} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10} \right) \quad (7)$$

N representa la cantidad de jabalinas en nuestro caso N=6 (jabalinas)

$$K_m = \frac{1}{2 \times \pi} \times \ln \left(\frac{2^2}{16 \times 2.4 \times 0.008214} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10} \right)$$

$$K_m = 0.1212$$

$$K_m: K_i=0.65 + 0.172 \times N$$

Dónde : N=6 jabalinas

$$K_i : 0.65 + 0.172 \times (6) = 1.6820$$

Para hallar K_s :

$$K_s = \frac{1}{\pi} \times \left(\frac{1}{2 \times h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2 \times D} + \frac{1}{3 \times D} + \dots \right) \quad (7)$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \times \left(\frac{1}{2 \times 2.4} + \frac{1}{2 + 2.4} + \frac{1}{2 \times 2} + \frac{1}{3 \times 3} + \frac{1}{4 \times 2} \dots \right) = 0.3694$$

4.1.5.1. TENSION DE PASO REAL

La tensión de paso real está dada por :

$$E_{pr} = K_s \times K_i \frac{\rho \times 1}{L} \quad (8)$$

$$E_{pr} = 0.3694 \times 1.6820 \times \frac{8.42 \times 28000}{18}$$

$$E_{pr} = 8138.502(V)$$

4.1.5.2. TENSION DE CONTACTO REAL

La tensión de contacto real está dada por :

$$E_{tr} = K_m \times K_i \frac{\rho \times l}{L} \quad (9)$$

$$E_{tr} = 0.1212 \times 1.6820 \frac{8.42 \times 28000}{18}$$

$$E_{tr} = 2670,0920(V)$$

estos son los valores de la tensión de paso y tensión de contacto

Estos son los valores reales de la tensión de paso y de contacto.

4.1.5.3. TENSIÓN DE PASO

La tensión de paso está dada por:

$$E_p = \frac{165 + \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (1)$$

$$E_p = \frac{165 + 1160}{\sqrt{0.016}} = 10475.04(V)$$

4.1.5.4. TENSIÓN DE CONTACTO

La tensión de contacto está dada por:

$$E_t = \frac{165 + 0.25 \times \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (2)$$

$$E_t = \frac{165 + 0.25 \times 1160}{\sqrt{0.016}} = 3597.09(V)$$

Calculados los valores de E_{pr} , E_p , E_{tr} , E_t , es necesario cumplir con las siguientes dos condiciones:

$$E_{pr} \leq E_p \quad \rightarrow \quad 8138,501 (V) \leq 10475,04(V)$$

$$E_t \leq E_{tr} \quad \rightarrow \quad 2670,092 (V) \leq 3597,09(V)$$

Los valores de tensión de paso y contacto de seguridad reales deben ser menores o iguales a los valores de tensión de paso y contacto de seguridad teóricos. Como se puede notar, nuestra disposición de cuadrícula cumple con lo requerido, por tanto, continuamos con los cálculos.

4.1.6.5. ESTUDIO DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Al momento de realizar el estudio del terreno y las mediciones del suelo se debió considerar que las mediciones se realizaron al terminar el invierno, de la misma manera el terreno donde se encuentra ubicada esta planta se encuentra a un lado de la planta principal por ello se cuenta con el espacio necesario para dicha instalación además de que el terreno cuenta con humedad permanente por justamente tratarse de una industria de alimentos, además de existir vertientes naturales que pasan por el terreno por esta razón se tomaron datos con relativa baja impedancia pero no la adecuada para el normal funcionamiento de los nuevos equipos.

4.1.6.6. DETERMINACIÓN DEL AREA DISPONIBLE

El sistema de jabalinas del sistema de puesta a tierra se localizará al lado de la planta de tratamiento de agua residuales se cuenta con el espacio necesario que es 12 (m²) de superficie para realizar el aterramiento.

La empresa se encuentra ubicada en la Avenida Juan Pablo II, kilómetro 15 Río Seco.



Figura 27. Ubicación óptima de la malla de puesta a tierra.
Fuente: [Google mapa de Internet].

4.2. RECOPIACIÓN DE LAS NORMAS

Para este trabajo se tomó en cuenta la Norma ANSI IEEE 80-2000, el Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas "RETIIE" y la norma NB 777, NOM de México.

4.2.1 DEFINICION GEOMETRICA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Teniendo definidas las dimensiones de la malla ya se puede dibujar la forma geométrica de nuestra puesta a tierra.

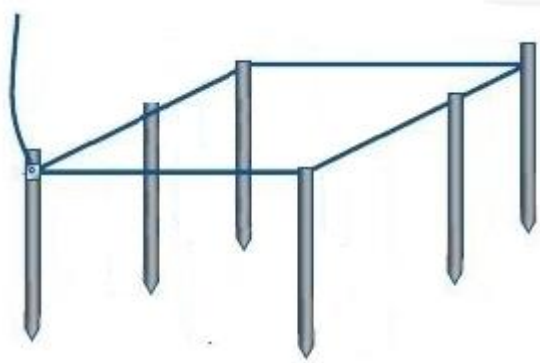


Figura 28. Forma de Malla de nuestra Puesta a Tierra

Fuente [Elaboración propia]

Esta sería la cuadrícula de nuestra puesta a tierra que contempla conductor de cable desnudo No 1/0 AWG Así como el uso de 6 jabalinas, utilizando para las uniones soldadura de plata con soldadura oxiacetilénico, soldadura exotérmica.

4.2.2. ELECCION DE TIPO DE JABALINA

Para nuestro aterramiento tomaremos una jabalina de acero con recubrimiento de cobre de 2.4 (m) y diámetro $5/8''=15.875(\text{mm}) = 0.016(\text{m})$

$$R_{jabalina} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \left(\ln \left(\frac{4 \times L}{r} \right) - 1 \right) \quad (23)$$

$$R_{jabalina} = \frac{8.42}{2 \times \pi \times 2.4} \times \left(\ln \left(\frac{4 \times 2.4}{0.008} \right) - 1 \right)$$

$$K_{jabalina} = 3.40 (\Omega)$$

4.2.3. PROFUNDIDAD DE ATERRAMIENTO

Tiene vital importancia la profundidad de hincado en el terreno, pues debe tratarse de alcanzar los lugares de menor resistividad y con mayor humedad. Se debe tener en cuenta que las mayores profundidades en la toma de tierra, permiten que las resistencias eléctricas queden menos afectadas por cambios climáticos y estacionarios como son las sequías o las heladas.

Las jabalinas de 2,4 (m) de largo nos dan las dimensiones de la zanja que tendremos, el valor de A 6 (m) y el valor de B 2 (m) con estos valores definidos podemos realizar los cálculos.

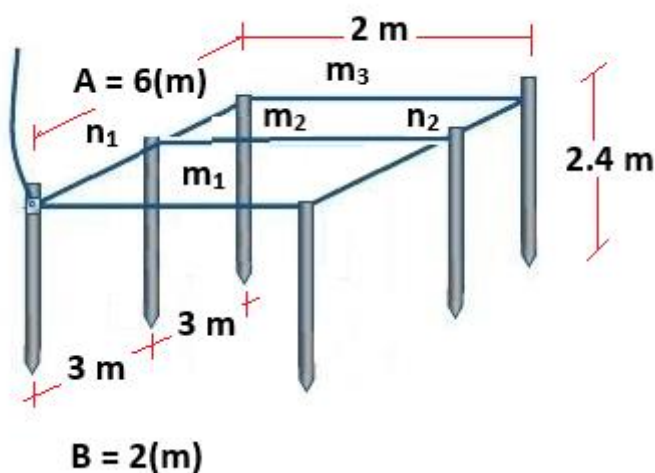


Figura 29. Dimensiones del Aterramiento.
Fuente: [Elaboración Propia]

4.2.4. SELECCIONADO DE MATERIAL Y RESISTIVIDAD DE LA CAPA SUPERIOR

El presupuesto que se obtuvo fue elaborado tomando en cuenta todo el material, el cavado y compactado de la zanja de la puesta a tierra, la mano de obra se calculó

Para el valor por ítem en el que se especifican los tiempos que los obreros tardaron en realizar el trabajo.

de resistividad de la superficie del suelo se midió $\rho_s=1160$ ($\Omega\cdot m$) de la Tabla 6, en esta tabla indican distintos tipos de suelo, para nuestro calculo estamos dentro en rango.

Composición física	Resistividad($\Omega\cdot m$)
Arcilla con arena y grava	10 - 1350

Tabla 14. Valor considerado para los cálculos.
Fuente: [Diseño de Puesta a Tierra del Centro Médico de Díaz Diego],

4.2.5. DEFINIR EL TAMAÑO DE LA RETÍCULA DE LA MALLA

El volumen de la retícula de la malla será de 28,80 (m³) que tendrán que ser cavados para que nuestra retícula quede enterrada completamente,

$$\text{Volumen} = \text{Alto} \times \text{Ancho} \times \text{Profundidad} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Volumen} = 2,4 \text{ (m)} \times 2 \text{ (m)} \times 6 \text{ (m)} = 28,80 \text{ (m}^3\text{)}$$

Este será el volumen de la zanja y la cantidad de tierra que se tendrá que removerse en el lugar designado para nuestra puesta a tierra.

4.2.6. CÁLCULO DEL CALIBRE Y LONGITUD DEL CONDUCTOR

Para nuestro caso la sección del conductor ya la conocíamos, las otras puestas a tierra llevan el conductor de cobre desnudo de 50 (mm²) por lo que se consideró utilizar el mismo calibre.

$$d = \left(\frac{A_c \times 4}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{50 \times 4}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 7.996 \text{ (mm)} = 0.008 \text{ (m)}$$

$$r = \frac{0.008 \text{ (m)}}{2} = 0.004 \text{ (m)}$$

Este valor se utiliza con el método de Dwight

Como ya se indicó en el Capítulo 2 punto 2.16, la norma nos indica que mínimamente el valor del conductor de puesta a tierra deberá ser de 1/0 AWG sección real en S =50 (mm²) con un diámetro d= 0.008 (m), con estos valores se realizarán los cálculos respectivos .

4.2.7. CÁLCULO DE LA RESISTIVIDAD DE PUESTA A TIERRA

Para calcular la resistividad, se vio por conveniente comparar con otros métodos adicionales que a continuación se desarrollan.

4.2.7.1. MÉTODO DE WENNER

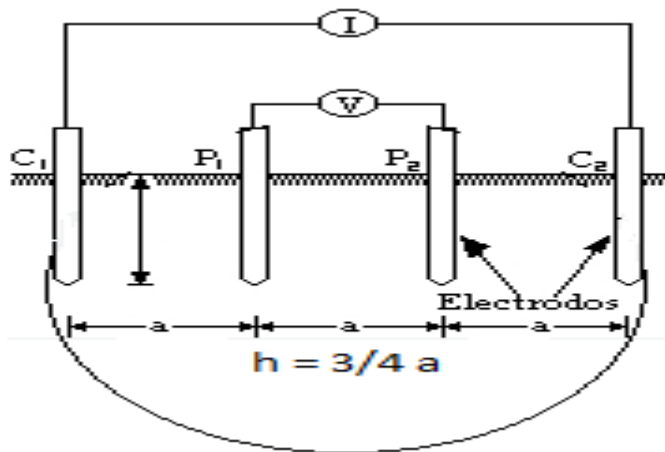


Figura 30. Método de Wenner.
Fuente: [Diseño de Puesta a Tierra]

Dónde:

$R = 0,67 (\Omega)$, valor medido y adoptado de todas las mediciones realizadas.

$a = 2 (m)$

Ecuación simplificada.

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R \quad (10)$$

$$\rho = 2 \times \pi \times 2 \times 0.67 = 8.42 (\Omega - m)$$

Este es el valor calculado de resistividad, con el cual trabajaremos posteriormente.

4.2.7.2. MÉTODO DE SCHLUMBERGER

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requiere conocer la resistividad desde capas más profundas,

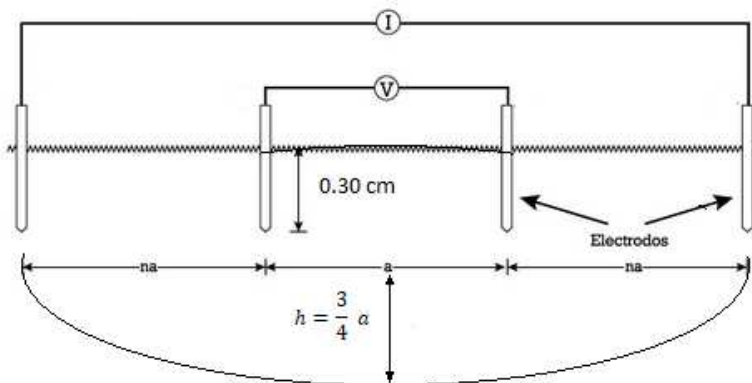


Figura 31. Método de SCHLUMBERGER
Fuente: [Diseño de Puesta a Tierra]

Dónde:

$R = 2,32 (\Omega)$, medido por el método de Schlumberger.

$a = 2(m)$

$$n = 1.5$$

$$\rho = 2 \times \pi \times R \times n \times (n + 1) \quad (11)$$

$$\rho = 2 \times \pi \times 2.32 \times 1.5 \times 2 \times (1.5 + 1)$$

$$\rho = 109.32 (\Omega - m)$$

4.2.7.3. MÉTODO DE LAURENT Y NEUMANN

$$R = 0.443 \times \rho \times \left(\frac{1}{\sqrt{A_y}} + \frac{1}{L} \right) \quad (12)$$

Dónde:

R = Resistencia en (Ω)ohmios.

Ay	Área de la malla de puesta a tierra en	12 (m ²)
ρ	Resistividad del suelo	8,42 (Ω -m)
L	Longitud total del conductor de cobre	18 (m)

Tabla 15. Valores para el método Laurent y Niemann.
Fuente: [Datos terreno]

$$R = 0.443 \times 8.42 \times \left(\frac{1}{\sqrt{12}} + \frac{1}{18} \right) = 1.28(\Omega)$$

$$\rho = 2 \times \pi \times 2 \times 1.284 = 16.13(\Omega)$$

Con este método obtenemos el valor de R =1.28 (Ω), para calcular este valor tomamos la tabla 14 (valores planteados para realizar los cálculos).

4.2.7.4. MÉTODO DE DWIGHT

$$R_s = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \left[\ln \left(\frac{2 \times L}{r} \right) + \ln \left(\frac{l}{h} \right) + \frac{2 \times h}{L} - \frac{h^2}{(L)^2} - 2 \right] \quad (13)$$

Dónde:

Rs = Resistencia de puesta a tierra de un solo conductor en (Ω).

ρ	Resistividad del suelo.	8,42 (Ω -m)
L'	Longitud del conductor (este será el valor de A).	6 (m)
r	Radio del conductor.	0,004 (m)
h	Profundidad de hincado de la jabalina.	2,4 (m)

Tabla 16. Valores para calcular R s.
Fuente: [Diseño de Puesta a Tierra],

$$R_s = \frac{8.42}{2 \times \pi \times 6} \times \left[\ln\left(\frac{2 \times 6}{0.004}\right) + \ln\left(\frac{6}{2.4}\right) + \frac{2 \times 2.4}{6} - \frac{2.4^2}{(6)^2} - 2 \right] = 1.68(\Omega)$$

Dónde:

R_{su} = Resistencia de un solo conductor de unión en (Ω).

Este valor está en función de $L' = B = 2$ (m).

$$R_{su} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L'} \times \left[\ln\left(\frac{2 \times L'}{r}\right) + \ln\left(\frac{L'}{h}\right) + \frac{2 \times h}{L'} - \frac{h^2}{(L')^2} - 2 \right] \quad (14)$$

$$R_{su} = \frac{8.42}{2 \times \pi \times 2} \times \left[\ln\left(\frac{2 \times 2}{0.004}\right) + \ln\left(\frac{2}{2.4}\right) + \frac{2 \times 2.4}{2} - \frac{(2.4)^2}{(2)^2} - 2 \right] = 3.80(\Omega)$$

$$R_a = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L'} \times \left[\ln\left(\frac{4 \times L'}{r E_1}\right) + \ln\left(\frac{E_1}{2 \times L'}\right) + \frac{E_1^2}{16 \times (L')^2} - 1 \right] \quad (15)$$

Dónde: R_a = Resistencia mutua en (Ω)

$L' = A = 6$ (m).

E_1 y E_2 Espaciamiento equivalente entre un conductor y los demás en metros.

$$E_1 = 2,191 \times D = 2,191 \times 2 = 4.38(\text{m})$$

$$E_2 = 2,430 \times D = 2,430 \times 2 = 4.86(\text{m})$$

$$R_a = \frac{8.46}{2 \times \pi \times 6} \times \left[\ln\left(\frac{4 \times 6}{4.38}\right) + \ln\left(\frac{E_1 4.38}{2 \times 6}\right) + \frac{4.38^2}{16 \times (6)^2} - 1 \right] = 0.24(\Omega)$$

Dónde:

R_{au} = Resistencia mutua de conductores de unión (Ω).

$$R_{au} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L'} \times \left[\ln\left(\frac{4 \times L'}{E_2}\right) + \ln\left(\frac{E_2}{2 \times L'}\right) + \frac{E_2^2}{16 \times (L')^2} - 1 \right] \quad (15)$$

$$R_{au} = \frac{8.46}{2 \times \pi \times 6} \times \left[\ln \left(\frac{4 \times 6}{4.86} \right) + \ln \left(\frac{4.86}{2 \times 6} \right) + \frac{(4.86)^2}{16 \times (6)^2} - 1 \right] = 0.72(\Omega)$$

La resistencia total de un conductor es:

$$R_c = R_s + (n - 1) \times R_a \quad (16)$$

$$R_c = 1,68 + (2 - 1) \times 0,24 = 1,93 (\Omega)$$

La resistencia de n conductores es:

$$R_{cn} = \frac{R_c}{n} \quad (17)$$

$$R_{cn} = \frac{1.935}{2} = 0.96 (\Omega)$$

La resistencia "mutua" R_{am} de los componentes de unión, incluyendo la interferencia, debida a los conductores transversales a los cuales se encuentran unidos es:

$$R_{am} = (m - 1) \times R_{au} + (n - 1) \times R_a \quad (18)$$

$$R_{am} = (3 - 1) \times 0.75 + (2 - 1) \times 0,24 = 1,69(\Omega)$$

La resistencia total de un solo conductor de unión es:

$$R_{cu} = R_{su} + R_{am} \quad (19)$$

$$R_{cu} = 3,80 + 1,69 = 5,50 (\Omega)$$

La resistencia de los m conductores es:

$$R_{cm} = \frac{R_{cu}}{m} \quad (20)$$

$$R_{cm} = \frac{5.50}{3} = 1.83(\Omega)$$

La resistencia total de la malla está dada por:

$$R = \frac{R_{cn} \times R_{cm}}{R_{cn} + R_{cm}} \quad (21)$$

$$R = \frac{0.96 \times 1.83}{0.96 + 1.83} = 0.63 (\Omega)$$

$$\rho = 2 \times \pi \times 2 \times 0.63 = 7.95 (\Omega - m)$$

Nuestro valor de resistencia de puesta a tierra es de $R = 0.67 (\Omega)$, este valor cumple con los requerimientos de los equipos, pero, podemos mejorarlo realizando un tratamiento adicional al terreno y obtener un valor más bajo.

4.3. AJUSTE DE VALORES

Los valores calculados han sido corroborados por un programa que fue elaborado en Excel, que será desarrollado juntamente con el presente trabajo, el mismo podrá ser utilizado para la medición de puestas a tierra de otros terrenos. Los valores tomados para nuestro proyecto están dentro del rango permitido y han sido consultados en muchos textos referentes a nuestro tema y ajustados a nuestra necesidad.

4.4. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIDOS A LOS VALORES CALCULADOS

Se puede evidenciar que los valores que se llegaron a obtener son los que se buscaban, por lo que nuestras expectativas fueron alcanzadas y se puede decir que cumplimos con nuestros objetivos. La tabla 16, muestra los valores de resistencia del terreno, aplicando los distintos métodos analizados.

Tabla Comparativa	
Método	ρ (Ω -m)
WENNER	0,67
SCHLUMBERGER	2,32
LAURENT Y NIEMANN	1,28
DWIGHT	0,63

Tabla 17. Resistencia del terreno.
Fuente: [Elaboración Propia].

La tabla 17, muestra los valores de resistividad del terreno, aplicando los distintos métodos analizados.

Tabla Comparativa	
Método	ρ (Ω -m).
WENNER	8,42
SCHLUMBERGER	109,32
LAURENT Y NIEMANN	16,13
DWIGHT	7,95

Tabla 18. Resistividad del Terreno.
Fuente: [Elaboración Propia]

4.5. TOPOLOGÍA

En esta etapa se establece todo lo relacionado a la ubicación de los conductores y derivaciones pertinentes que se desarrollaron en la instalación del sistema, así como los diferentes accesorios destinados para cumplir este objetivo.

4.5.1. UBICACIÓN DE LA CAJA DE INSPECCIÓN

Esta caja se encuentra en un extremo inferior a la estructura la cual cuenta principal mente con una caja metálica en la cual se encuentran una barra de cobre de 0,5 mm x 40mm aislada de la estructura en la cual se conecta el cable de la puesta a tierra y se pueden conectar el equipo destinado para este proyecto.



Figura 32. Caja Equipotencial.
Fuente: [Elaboración Propia].

La caja de inspección queda de esta manera, es por aquí que se puede desconectar y medir el valor de nuestra puesta a tierra.



Figura 33. Medición de la Resistencia
Fuente: [Elaboración Propia]

4.5.2. INTERCONEXIÓN CON OTROS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Debido a que existen diferentes equipos de potencia en la planta los sistemas de puesta a tierra suelen tener problemas por la potencia con las que trabajan por esta razón se realiza esta distribución de los diferentes equipos y sus respectivos sistemas de puesta a tierra.

4.6. PROCEDIMIENTO DE PUESTA A TIERRA

Se debe realizar el siguiente proceso en la fosa para cada una de las jabalinas y sus respectivas conexiones.

4.6.1. SEPARACIÓN IDEAL ENTRE JABALINAS

La norma oficial mexicana (NOM), establece que una jabalina con una longitud igual o mayor a 2,4 (m) debe estar separada una distancia de al menos dos veces su longitud con respecto a otra jabalina.

4.6.2. FORMA DE NUESTRA MALLA A TIERRA

Al contar con espacio limitado dentro la planta de tratamiento se consideró el área dispuesta fue de 12 (m²), una configuración radial de las jabalinas no fue el más adecuado por falta de espacio. El valor calculado de resistencia del terreno que tomaremos es de $R = 0,633$ (Ω) método Wenner.

4.6.3. EXCAVACIÓN DE LA NUEVA PUESTA A TIERRA

Para nuestra puesta a tierra se realizó una zanja de un área de 6 (m) x 2 (m) y una profundidad de 2.5 (m), para el relleno de nuestra zanja se dispuso tierra negra (humus), carbón para la compactación ya que este tipo de tierra es la más apropiada y mantiene humedad en este lugar.



Figura 34. Excavación de Fosa
Fuente: [Elaboración Propia]

4.6.4. ARMADO DE LA MALLA

Una vez definido la forma de nuestra malla, en la parte inferior de nuestra zanja prepararemos con cemento conductor Thor-Cem una base donde fijaremos nuestra jabalina, entonces iremos cubriendo con cemento conductor todas las jabalinas de cobre, con un diámetro aproximado de 5".



Figura 35. Compactado de la Fosa de Aterramiento.

Fuente: [Elaboración Propia]

Elementos o materiales	Conductividad	resistividad
Plata	0.6305	0,0164
cobre	0,5958	0.0172
oro	0,4464	0.0230
aluminio	0.3767	0,0278
Latón	0.1789	0,0590
Cinc	0,1690	0,0610
Cobalto	0.1693	0,0602
Níquel	0,1462	0.0870
hierro	0,1030	0,0970
Acero	0,1000	0,1000
Platino	0.0943	0,1050
Estaño	0,0839	0.1200
Plomo	0.0484	0.2815
Magnesio	0,0054	2.700
Cuarzo	0.0016	4.500
Grafito	0.0012	8.000
madera seca	.0,0010	10.000
carbón	0,00025	40.000

Tabla 19. Conductividad de Metales

. Fuente: [Conductores y Aislantes de Giovanni Buitrago]

4.6.5. TUBERIA DE PVC PARALELA A LAS JABALINAS CUBIERTAS CON Thor-Cem

Una vez que la jabalina ha sido cubierta con Thor-Cem, se armó paralelamente a cada una de nuestras jabalinas un circuito con tubería PVC $\frac{3}{4}$ " para la circulación de cemento conductivo diluido que forma parte del programa de mantenimiento trimestral. En la parte superior se cuenta con una cámara de inspección por donde ingresará nuestra mezcla, las cantidades de mezcla serán de 5 (kg) de Thor-Cem diluidos en 20 litros de agua, que se verterán por nuestra cámara de inspección. Finalmente, a través de un grifo cercano, conectado a una manguera y este a nuestro circuito con tubería PVC, se hará circular agua potable por un período de una hora.

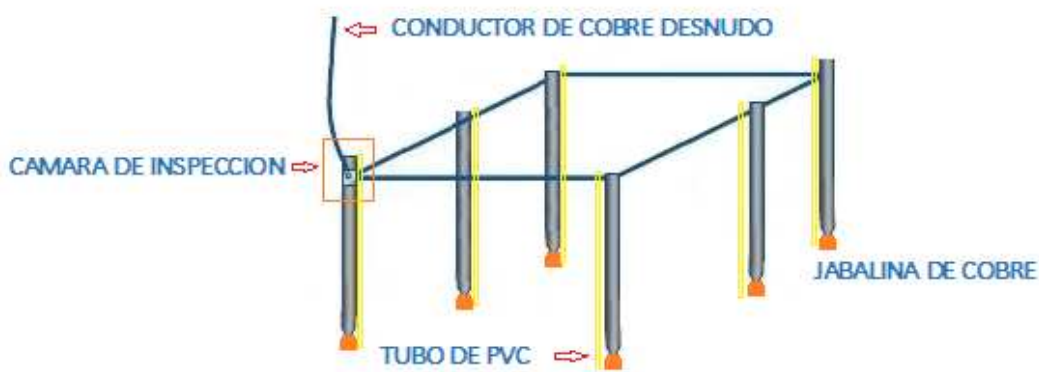


Figura 36. Tubería de Pvc de $\frac{3}{4}$ ". Perforada

Fuente: [Elaboración Propia].

La tubería de PVC estará armada con todos sus accesorios necesarios, pero los tubos de PVC paralelos a las jabalinas irán perforados, será por ahí que la mezcla disuelta humedecerá toda el área de la jabalina cubierta de Thor-Cem, de esta forma garantizaremos una buena saturación del cemento conductivo en nuestro aterramiento.

4.7. MATERIALES Y PRESUPUESTO

los materiales utilizados en el presente proyecto son los siguientes con sus respectivos costos.

MATERIALES A UTILIZAR SISTEMA PUESTA ATIERRA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS				
Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	P.U. Bs.
1	Conductor desnudo N ^o 1/0 AWG	MI	20	78,83
2	Conductor N ^o 1/0 AWG Verde Amarillo	MI	80	57,20
3	Precintos de 30 cm	Pza.	100	0,70
4	Caja de inspección	Pza.	1	250,00
5	Cañería de PVC. 3/4"	Pza.	5	23,00
6	Jabalinas de Cobre de 5/8" x 2.4 m	Pza.	6	205,10
7	Conector de Jabalina 5/8"	Pza.	6	7,24
8	Gabinete para tablero Eléctrico 20x30x20 cm)	Pza.	1	150,00
9	Barra de CU (3x20 mm ²) 150 A)	Pza.	1	105,20
10	Cinta Autovulcanizable 3M 19 (mm) x 5 m)	Pza.	10	76,55
11	Soldadura de Plata	Pza.	1	1500,00
12	Tierra negra	m ³	10	80,00
13	Accesorios de pvc. De 3/4"	Pza.	19	160,00
14	Terminales de 50 (mm ²)	Pza.	10	2,40
15	Tornillos otros	Pza.	2	25,00
16	Thor-Cem	Pza.	27	304,74
17	Excavación Compactado de Tierra	m ³	1	800,00

Tabla 20. Presupuesto del Proyecto
Fuente [Elaboración propia]

ACTIVIDAD 1.- conductor de cobre desnudo N°1/0AWG para puesta a tierra

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	CONDUCTOR DESNUDO N°1/0 AWG	ml	20,00			78,83	1576.83
							0,00
TOTAL MATERIAL							1576.83
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs	3,00			56,00	168,00
	ESPECIALISTA	Hrs	0,00			40,00	0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							168,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	96.30
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	39.49
TOTAL MANO DE OBRA							303.78
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	15.19
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							15.19
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	171,87
GATOS GENERALES							171,87
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	400,46
TOTAL UTILIDAD							400,46
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	63,04
TOTAL IMPUESTOS							63,04
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							2,697.8

Tabla 21. Presupuesto por trabajo conductor de Cobre.

Fuente: [Elaboración Propia]

ACTIVIDAD 2.- conductor N° 1/0AWG (Verde -Amarillo)

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Conductor N°1/0AWG (Verde-Amrillo)	ml	80,00			51,20	4,096
							0,00
TOTAL MATERIAL							4,096
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	3,00			56,00	168,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	3,00			40,00	120,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							288,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	165,30
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14,94%	67,69
TOTAL MANO DE OBRA							520,77
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0,0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	26,04
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							26,24
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10,00%	445,69
GATOS GENERALES							445,69
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10,00%	445,69
TOTAL UTILIDAD							445,69
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3,9%	163,55
TOTAL IMPUESTOS							163,55
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							5,985,94

Tabla 22. Presupuesto por trabajo conductor AWG 1/0 Verde Amarillo.

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 3 .- Precintos

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Precintos de 30cm	Pza	100,00			0.7	70,00
							0,00
TOTAL MATERIAL							70,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	2,00			56,00	112,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	2,00			40,00	80,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							168,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	110.30
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	45.13
TOTAL MANO DE OBRA							347,18
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	17,19
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							17.19
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	46,10
GATOS GENERALES							46,10
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	47,06
TOTAL UTILIDAD							47,06
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	16,31
TOTAL IMPUESTOS							16,31
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							711,35

Tabla 23. Presupuesto por trabajo. Precintos

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 4.- Caja de Inspección

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Caja de inspección	Pza	1,00			260,00	260,00
							0,00
TOTAL MATERIAL							260,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	1,00			56,00	56,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	0,00			40,00	00,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							56,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	35,54
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	14,57
TOTAL MANO DE OBRA							112,11
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	5,61
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							5,61
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	46,10
GATOS GENERALES							46,10
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	37,63
TOTAL UTILIDAD							37,63
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	13,70
TOTAL IMPUESTOS							13,70
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							529,71

Tabla 24. Presupuesto por trabajo. Caja de Inspección

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 5.- Cañería de PVC de ½”

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Cañería de pvc de ½”	Pza	5,00			33,00	165,00
							0,00
TOTAL MATERIAL							165,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	2,00			56,00	112,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	2,00			40,00	80,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							192,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	110,05
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14,94%	45,13
TOTAL MANO DE OBRA							303,78
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0,0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	17,36
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							17,36
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10,00%	50,60
GATOS GENERALES							50,60
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10,00%	51,56
TOTAL UTILIDAD							51,56
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3,9%	17,97
TOTAL IMPUESTOS							17,97
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							798,23

Tabla 25. Presupuesto por trabajo PVC.

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 6.- Jabalinas de Cobre

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Jabalina de cobre de 5/8" x24 metros	Pza	6,00			205,00	1230,0
							0,00
TOTAL MATERIAL							1230,0
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	6,00			56,00	336,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	4,00			40,00	160,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							496,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	284,31
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	116,58
'TOTAL MANO DE OBRA							896,89
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	44,84
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							44,84
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	216,26
GATOS GENERALES							216,26
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	218,74
TOTAL UTILIDAD							218,74
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	78,18
TOTAL IMPUESTOS							78,18
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							3,178.89

Tabla 26. Presupuesto por trabajo Jabalinas de Cobre.

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 7.- Conector de Jabalina

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Conector de bronce de jabalina 5/8"	Pza	6,00			7.24	14.48
							0,00
TOTAL MATERIAL							14.48
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	1,00			56,00	56,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	1,00			40,00	40,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							96,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	55.3
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	22,56
TOTAL MANO DE OBRA							173,59
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	8,68
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							8,68
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	21,00
GATOS GENERALES							21,00
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	21,48
TOTAL UTILIDAD							21,48
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	7.39
TOTAL IMPUESTOS							7.39
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							246,62

Tabla 27. Presupuesto por trabajo Conector de Jabalina

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad. - Gabinete tablero eléctrico 20x30x20cm

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Gabinete para tablero Eléctrico	Pza	1,00			150,00	150,00
							0,00
TOTAL MATERIAL							150,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	2,00			56,00	112,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	1,00			40,00	40,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							152,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	87,13
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	35,73
TOTAL MANO DE OBRA							274,85
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	13,74
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							13,74
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	45,95
GATOS GENERALES							45,95
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	46,71
TOTAL UTILIDAD							46,71
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	16,42
TOTAL IMPUESTOS							16,42
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							547,67

Tabla 28. Presupuesto por trabajo Gabinete Eléctrico

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 9.- Barra de Cobre de 1/8x1/4"x100 mm²

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Barra de cobre de 1/8"x1/4"X 100mm ²	Pza	1,00			192,00	1,152.60
							0,00
	TOTAL MATERIAL						1,152.60
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	6,00			56,00	336,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	4,00			40,00	160,00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						496,00
	BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA					57,32%	284,31
	IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL					14.94%	116,58
	'TOTAL MANO DE OBRA						896,89
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
	HERRAMIENTAS -%					5%	44,84
	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						44,84
4.-	GASTOS GENERALES						
	GASTOS GENERALES - %					10.00%	216,26
	GATOS GENERALES						216,16
5.-	UTILIDAD						
	UTILIDAD -%					10.00%	218,74
	TOTAL UTILIDAD						218,74
6.-	IMPUESTOS						
	IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%					3.9%	78,18
	TOTAL IMPUESTOS						78,18
	TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.						2,607.49

Tabla 29. Presupuesto por trabajo Barra de Cobre.

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 10.- Cinta vulcanizante 3M 19 mm x 15 metros

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Cinta Autovulcanizante 3M 19mmx 5m	Pza	10,00			76,55	765,50
							0,00
TOTAL MATERIAL							765,50
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	1,00			56,00	56
	ESPECIALISTA	Hrs.	1,00			40,00	40,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							96,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	55,31
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	22,58
'TOTAL MANO DE OBRA							173,59
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	8,68
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							8,68
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	96,10
GATOS GENERALES							96,10
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	96,58
TOTAL UTILIDAD							96,58
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	35,24
TOTAL IMPUESTOS							35,24
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							1,175.69

Tabla 30. Presupuesto por trabajo cinta vulcanizante.

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad. -11 Soldadura de Plata.

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Soldadura de plata	Pza	1,00			1,500.00	1,500.00
							0,00
TOTAL MATERIAL							1,500.00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	5,00			56,00	280,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	3,00			40,00	120,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							400,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	229.28
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	94.01
TOTAL MANO DE OBRA							723.29
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	36.16
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							36.16
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	231.45
GATOS GENERALES							231,45
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	233.45
TOTAL UTILIDAD							233.45
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	84.18
TOTAL IMPUESTOS							84.18
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							2,808.55

Tabla 31. Presupuesto por trabajo Soldadura de Plata .

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 12.- trabajo con Tierra Negra mezcla (Thor-Cem)

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Tierra negra (trabajo mezcla con THOR-CEN)	M ³	10,00			80,00	800,00
							0,00
TOTAL MATERIAL							800,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	16,00			56,00	896,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	16,00			40,00	640,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							1,536,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	880,00
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14,94%	361,02
'TOTAL MANO DE OBRA							2,777,45
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0,0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	138,87
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							138,87
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10,00%	392,78
GATOS GENERALES							392,78
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10,00%	400,46
TOTAL UTILIDAD							400,46
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3,9%	139,35
TOTAL IMPUESTOS							139,35
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							4,648,90

Tabla 32. Presupuesto por trabajo Tierra Thor Cem

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 13.- accesorios de PVC de ½”

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Accesorios PVC de 1/2”	Pza.	3,00			160,00	480,00
							0,00
TOTAL MATERIAL							480,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	5,00			56,00	280,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	2,00			40,00	80,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							360,00
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	206,00
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14,94%	84,02
TOTAL MANO DE OBRA							650,96
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0,00%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	32,55
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							32,55
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10,00%	121,31
GATOS GENERALES							216,26
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10,00%	123,11
TOTAL UTILIDAD							123,11
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3,9%	43,50
TOTAL IMPUESTOS							43,11
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							1,451,43

Tabla 33. Presupuesto por trabajo Accesorios PVC.

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 14.- Terminales para conductor de 50mm²

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Terminales para conductor de 50mm ²	Pza.	10,00			2.44	24.00
							0,00
TOTAL MATERIAL							24.00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	0,30			56,00	16,30
	ESPECIALISTA	Hrs.	0,30			40,00	12,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							28,80
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	16.00
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14.94%	6,77
'TOTAL MANO DE OBRA							52,08
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	2.60
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							2,60
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10.00%	8.00
GATOS GENERALES							8,00
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10.00%	8,15
TOTAL UTILIDAD							8.15
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3.9%	2.85
TOTAL IMPUESTOS							2.85
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							95,08

Tabla 34. Presupuesto por trabajo Terminales

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 15.- Tornillos y Accesorios

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Tornillos y otros accesorios	Pza.	2,00			20	40,00
							0,00
TOTAL MATERIAL							40,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	0,45			56,00	25,20
	ESPECIALISTA	Hrs.	0,45			40,00	18,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							36,80
BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA						57,32%	43,20
IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL						14,94%	10,15
TOTAL MANO DE OBRA							78,12
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0,0%	0,00
HERRAMIENTAS -%						5%	3,91
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							3,91
4.-	GASTOS GENERALES						
GASTOS GENERALES - %						10,00%	12,80
GATOS GENERALES							12,80
5.-	UTILIDAD						
UTILIDAD -%						10,00%	13,01
TOTAL UTILIDAD							13,01
6.-	IMPUESTOS						
IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						3,9%	4,57
TOTAL IMPUESTOS							4,57
TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.							152,40

Tabla 35. Presupuesto por trabajo Accesorios

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 16.- Thor- Cem

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Thor- cem	Pza	27,00			289.74	7,822.98
							0,00
	TOTAL MATERIAL						7,822.98
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE	Hrs.	6,00			56,00	336,00
	ESPECIALISTA	Hrs.	3,00			40,00	120,00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						456,00
	BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA					57,32%	261.38
	IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL					14.94%	107.18
	'TOTAL MANO DE OBRA						824.56
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00	0.0%	0,00
	HERRAMIENTAS -%					5%	41.23
	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						41.23
4.-	GASTOS GENERALES						
	GASTOS GENERALES - %					10.00%	875.15
	GATOS GENERALES						875.15
5.-	UTILIDAD						
	UTILIDAD -%					10.00%	877.43
	TOTAL UTILIDAD						877.43
6.-	IMPUESTOS						
	IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%					3.9%	322.62
	TOTAL IMPUESTOS						322.64
	TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.						10.763.99

Tabla 36. Presupuesto por trabajo Thor - Cem

Fuente: [Elaboración Propia]

Actividad 17.- Excavación y compactación de Tierra

	Descripción	Unidad	Cantidad	Productivo	Precio improductivo	Precio Productivo	Costo Total
1.-	Excavación Compactación	3 m	1,00			800,00	800,00
							0,00
	TOTAL MATERIAL						800,00
2.-	MANO DE OBRA						
	AYUDANTE		16,00			56,00	896,00
	ESPECIALISTA		16,00			40,00	640,00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						1.536,00
	BENEFICIOS SOCIALES - % APLICADO A MANO DE OBRA					57,32%	880,44
	IMPUESTOS A VALOR AGREGADO -% APLICADO AL TOTAL					14.94%	361,02
	TOTAL MANO DE OBRA						2.777,45
3.-	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
			0,00	0,00 %	0,00		0,00
	HERRAMIENTAS -%						138,87
	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						138,87
4.-	GASTOS GENERALES						
	GASTOS GENERALES - %						392,78
	GATOS GENERALES						392,78
5.-	UTILIDAD						
	UTILIDAD -%						400,46
	TOTAL UTILIDAD						400,46
	IMPUESTOS						
	IMPUESTO A LA TRANSACCIONES -%						139,35
	TOTAL IMPUESTOS						139,35
	TOTAL PRECIO UNITARIO Bs.						4.648 90

Tabla 37. Presupuesto por trabajo. Excavación y compactado

Fuente: [Elaboración Propia]

Precio Total	por Item	Precio Bs.
Actividad: 1.- Conductor desnudo N ^o 1/0 AWG		2.697,19
Actividad: 2.- Conductor N ^o 1/0 AWG (Verde y Amarillo)		5.456,29
Actividad 3.- Precintos de 30 (cm)		544,00
Actividad: 4.- Caja de inspección		456,97
Actividad: 5.- Cañería de PVC. 1/2"		599,67
Actividad: 6.- Jabalinas de Cobre de 5/8 'ix2.4 (m)		2.607,49
Actividad: 7.- Conector de Jabalina 5/8"		246,62
Actividad: 8.- Gabinete para tablero Eléctrico 20x30x20 (cm)		547,67
Actividad 9.- Barra de CU 1/8x3/4" 3x20 (mm ²) 150 (A)		575,17
Actividad, 10.- Cinta autovulcanizable 3M 19 mm. x 5 (m)		1.175,69
Actividad" 11.- Soldadura de Plata		2.808,55
Actividad: 12.- Tierra negra		4 648,90
Actividad: 13.- Accesorios de PVC. De 1/2"		1.451,43
Actividad: 14.- Terminales de 50(mm ²)		95,08
Actividad: 15.- Tornillos y otros		152,40
Actividad: 16.- Thor-Cem		10.763,99
Actividad: 17._ Excavación y Compactado de Tierra		4.648,90
Total		38.872,01

Tabla 38. Costo Total de la Nueva Puesta a Tierra.
Fuente: [Elaboración Propia].

El monto total para la nueva puesta a tierra en la planta de tratamiento de agua residuales es de Bs. 38.872,01Bs.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Al termino del proyecto se pueden realizar las siguientes conclusiones: Se desarrolló en su totalidad el procedimiento planteado en el presente proyecto y se alcanzaron los objetivos propuestos. Este trabajo se realizó tomando en cuenta todas las recomendaciones descritas en la bibliografía y apegados a las normas vigentes nacionales e internacionales en la implementación de los sistemas de puesta a tierra

5.1. CONCLUSIONES SOBRE LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS

5.1.1. REDISTRIBUCIÓN DE LAS PUESTAS A TIERRA EXISTENTES

Se logró redistribuir el nuevo sistema de puesta a tierra para los equipos instalados recientemente separando, del sistema de puesta a tierra existente en la planta.

Con todos los trabajos realizados y con la nueva puesta a tierra, se mejoró notoriamente el rendimiento de los equipos, que se encuentran trabajando en la empresa.

Así también se garantiza la protección del personal de operación de los diferentes equipos que cuenta la empresa.

5.1.2. REDISEÑAR Y ARMAR UNA NUEVA PUESTA A TIERRA

Previamente al rediseño, se realizó una inspección técnica a toda la instalación eléctrica, verificando la correcta instalación de los mismos, se hizo un seguimiento de todo el cableado, así como la verificación de los planos eléctricos.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

Todos los trabajos que se realizaron en la ejecución del presente proyecto una vez culminados se realizó la entrega al encargado del área previa verificación de la resistividad requerida para el buen funcionamiento de la nueva planta, se debe realizar su respectivo mantenimiento preventivo, así como tomar las medidas necesarias para la instalación de los nuevos equipos a instalarse a futuro.

En todo el trabajo realizado se pudo evidenciar que los circuitos de fuerza están exactamente habilitados como establece la norma de instalaciones industriales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Norma ANSI IEEE 80 2000 El reglamento técnico de instalaciones eléctricas “RETIE” y la Norma Boliviana NB777.
- [2] Asdrúbal, J., & Castro O. (2003 de Octubre de 2003), Calculo de la malla de puesta a tierra de una sub estación. Recuperado el 6 de Setiembre de 2017, de <http://revistas.utp.edu-co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/7403/4431> Asdrúbal Jhon
- [3] Ceemacidd. (s.f.). Controles eléctricos. Recuperado el 6 de septiembre de 2017, de <https://controlelectricos.files.wordpress.com/2015/03/0-simbologia-normalizadapdf>
- [4] Daza, R., Gómez, J., & Peña J. (6 de Septiembre de 2012). DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA [UNIVERSIDAD DE LA COSTA APLICANDO LAS REGLAMENTACIONES VIGENTES. Recuperado el 6 de septiembre de 2017, de <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/47/1048204760.pdf>
- [5] Díaz, Diego. A. (2007). Diseño del Sistema de Puesta a Tierra del Centro Médico Docente la Trinidad. caracas: sartenejas.
- Eva. (2004). PUESTA A TIERRA Y CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.
- [6] IBNORCA, (Mayo de 1997). norma NB 777 . Recuperado el 6 de septiembre de 2017, de DISEÑO Y CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS INTERIORES EN BAJA TENSION <https://es.slideshare.net/gabrie1600/norma-nb777>
- [7] Rojas, G. (ss.), MANUAL DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA. Recuperado el 6 de septiembre de 2017, de <https://hugarcapella.files.wordpress.com/2010/03/manual-depuesta-a-tierra.pdf>
- [8] Ruelas, R. (s.f.), SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA - TEORIA, DISEÑO Y MANTENIMIENTO. Recuperado el 6 de septiembre de 2017, de <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe01.html>
- [9] Téllez Oporto Luis William, I. (2016). eléctrica. La Paz: colegas eléctricos.
- [10] Juan, Gabriel, Guzmán (Publicado el 22 de mar. de 2016). NORMA NB 777 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS INTERIORES EN BAJA TENSION, NB 777. FOD 004 [https://es.slideshare.net/gabrieló\(\)enorma-nb-777](https://es.slideshare.net/gabrieló()enorma-nb-777).
- [11] Retie, (s.f.). RESOLUCIÓN 9 0708 (DE AGOSTO 30 DE 2013) CON SUS AJUSTES. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE) <http://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>
- [12] Wikipedia, (La enciclopedia libre). Textura de los Suelos, se edito esta página por última vez el 5 octubre del 2017 a horas 01:55. [https://es.wikipedixorg/wiki/Textura del sue](https://es.wikipedixorg/wiki/Textura_del_sue)
- [13] Alexander Espinosa, (Interruptores Termomagnéticos) última modificación: 11 diciembre 2008 Blogger. <http://intermomagneticos.blogspot.com/>
- [14] Giovanni Buitrago, (Conductores y Aislantes) publicado: en Blogger desde 12 de agosto de 2009.

<http://giovanni-conductoresyaislanteshlogspotcom/>

[15] Roberto Rúela Gómez, (Ingeniero Mecánico Electricista) Master Of Engineering. TEORIA Y DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRA SEGÚN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM) IEEE.

Informes en Ruel SA (Ingeniería) - www.ruelsa.com

[16] Catalogo de ABB SACE A division of ABB s.p.A. LV. Breakers (Consulters) SACE Tmax XT Nuevos interruptores automáticos en caja moldeada de baja tensión, de hasta 250 A.

Via Baioni, 35 24123 - Italy Phone: +39 035 395 111 Fax: +39 035 395 306-433, www.abb.com

ANEXOS

ANEXO A

En la siguiente figura se puede observar el cable de acometida principal, así como el transformador instalado en planta, al realizar un mantenimiento preventivo de dicho transformador actividad realizada por empresa externa, supervisión personal de la paz, Personal de mantenimiento planta.



Figura 37. Medición de la resistencia
Fuente: [Elaboración Propia]

ANEXO B

Tipo de material que fue utilizado en el proyecto

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. En la figura 1.1, se observa un conductor desnudo de cobre (Hernández S., Rodríguez S., 2015).



Figura .38 Cable de cobre
Fuente [internet]

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 la 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.

Los conectores mecánicos desarrollados en las últimas décadas han superado muchas de las complicaciones en la instalación atribuidos a los métodos de conexión de fusión, tales como el soldado. La conexión mecánica de hoy en día ha sido diseñada para acomodarse a la capacidad de la corriente que recorre el conductor y para brindar la facilidad de instalación, con lo que se logra una conexión eléctrica

segura y confiable. En la figura se observan conectores mecánicos de la marca Panduit.



Figura .39. Conectores mecánicos

Fuente: [internet]

Calibre del conductor

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, además de combinaciones de éstos. En la figura 1.3, se observan conectores de compresión de la marca Panduit.



Figura 40. Conectores mecánicos

Fuente: [internet]

ANEXO C

Tipos de calibre de conductor de cobre desnudo

Temple suave

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm ²	Número de alambres en el conductor	Diámetro exterior nominal mm	Peso aproximado kg/km	Carga de ruptura kN
14	2,08	7	1,84	19	0,53
14	2,08	19	1,86	19	0,53
12	3,31	7	2,32	30	0,84
12	3,31	19	2,34	30	0,84
10	5,26	7	2,92	47	1,34
10	5,26	19	2,95	48	1,34
8	8,37	7	3,68	75	2,13
8	8,37	19	3,73	76	2,13
6	13,3	7	4,64	119	3,38
6	13,3	19	4,70	120	3,38
4	21,2	7	5,86	190	5,38
4	21,2	19	5,93	192	5,38
2	33,6	7	7,38	302	8,55
2	33,6	19	7,47	304	8,55
1/0	53,5	19	9,42	483	13,18
2/0	67,4	19	10,57	608	16,62
3/0	85,0	19	11,87	767	20,95
4/0	107	19	13,32	965	25,42
250	127	37	14,56	1 147	30,55
350	177	37	17,19	1 598	42,75
400	203	37	18,41	1 833	48,88
500	253	37	20,55	2 285	58,80
600	304	61	22,56	2 746	72,50

Figura 41. Conectores mecánicos

Fuente: [internet]

ANEXO C

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. En la figura 1.4, se observa 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.

El metal fundido se crea por una reacción química entre el aluminio y el óxido de cobre. El proceso usa partículas de aluminio finamente divididas a medida que el agente reductor con el óxido de cobre produce la siguiente reacción química:



Donde:

Cu Cobre
Al Aluminio

Esta reacción genera una excesiva cantidad de calor, por naturaleza los metales fundidos generalmente alcanzan temperaturas de aproximadamente 2200 °C.



Figura 41. Conector de fusión por soldadura exotérmica.

Fuente: [Elaboración Propia]

PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA INDUSTRIAL DE LACTEOS

POSTULANTE: SILVIO ARUQUIPA COPANA

DIRECCION : ZONA 4^{to} CENTENARIO, CALLE 4, N^{RO} 66 **Cel.** 71244735

RESUMEN

El presente proyecto presenta una propuesta para un problema específico que se presenta en la planta industrial, el cual es un diseño de un sistema de puesta a tierra, diseño enmarcado en las normas nacionales e internacionales, su función principal es la de proteger a los equipos de fallas causadas por los diferentes situaciones sean provocadas o circunstanciales como ser tormentas eléctricas, caídas de tensión, cortes de energía, así mismo salvaguardar la integridad física de las personas que operan dichos equipos.

La presente investigación se enfoca en el estudio de un sistema de puesta a tierra aplicado a la industria los cuales dependen de su carga instalada. La solución propuesta en este proyecto está fundamentada en la norma boliviana

Se desarrolló en su totalidad el procedimiento planteado recopilando datos en el terreno, realizando los cálculos necesarios para dicho diseño, así como para los materiales a utilizar, el presupuesto necesario para implementar dicho proyecto Logrando de esta manera cumplir con los objetivos propuestos en dicho proyecto. Como ser:

Permitir la descarga de una corriente de falla a través del sistema de puesta a tierra.

Mejorar la calidad de señal, mejorando el ruido electromagnético en equipos separando la puesta a tierra.

salvaguardar la seguridad de las personas proteger las instalaciones y garantizar la compatibilidad electromagnética.

Con todos los trabajos realizados y con la nueva puesta a tierra, se mejoró notoriamente el rendimiento de los equipos, que se encuentran trabajando en la empresa.

PALABRAS CLAVE: Sistema de puesta a tierra, mediciones de resistividad de terreno

AUTOR: SILVIO ARUQUIPA COPANA
Correo Electrónico: Silvio-ac@hotmail.es
Nro. Celular: 71244735



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2143/2023
La Paz, 4 de Agosto del 2023

VISTOS:

La solicitud de inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha 28 de Julio del 2023, por **SILVIO ARUQUIPA COPANA** con C.I. N° 4820166 LP, con número de trámite **DA 1108/2023**, señala la pretensión de inscripción de la Memoria Laboral titulada: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PLANTA INDUSTRIAL DE LACTEOS"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificada parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual **SENAPI**, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del **SENAPI** funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios".



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz
Av. Morales, N° 205,
Calle 100, Pabellón 1
T. 26100000 - 26100001
senapi.gov.bo

Oficina - Santa Cruz
Av. Arce, N° 100,
Calle 100, Pabellón 1
T. 33000000 - 33000001

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 100,
Calle 100, Pabellón 1
T. 31000000 - 31000001

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo I, N° 100,
Calle 100, Pabellón 1
T. 26100000 - 26100001

Oficina - Desplazado
Calle 100, N° 100,
Calle 100, Pabellón 1
T. 26100000 - 26100001

Oficina - Tarija
Av. 100, N° 100,
Calle 100, Pabellón 1
T. 32000000 - 32000001

Oficina - Sucre
Calle 100, N° 100,
Calle 100, Pabellón 1
T. 34000000 - 34000001

Oficina - Potosí
Av. 100, N° 100,
Calle 100, Pabellón 1
T. 35000000 - 35000001

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial".

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe, la confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Memoria Laboral titulada: "**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PLANTA INDUSTRIAL DE LACTEOS**", a favor del autor y titular: **SILVIO ARUQUIPA COPANA** con C.I. Nº 4820166 LP, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



DR. CARLOS ALBERTO SOMOZA ARROYO
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz
Av. Arce, Nº 101,
entre las calles de
C. Bustillo y Arce.
Telf.: (591) 2-2555555
www.senapi.gob.bo

Oficina - Santa Cruz
Av. Arce, Santa Cruz
prolongación del Arce,
Nº 10, 100, 1000000
Telf.: (591) 3-3333333

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, Nº 20,
entre la Av. de la Libertad y Arce
Telf.: (591) 3-3333333

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, Nº 1000
100, Multicentro El Centro
Calle Pío X, Nº 20,
entre la Av. de la Libertad
Telf.: (591) 3-3333333

Oficina - Oruro
Calle Bolívar, Nº 100
Calle Arce, 100000000,
entre Pío X y Bolívar
Telf.: (591) 3-3333333

Oficina - Sucre
Av. 10 de Mayo, entre
Calle San Diego y Arce
Telf.: (591) 3-3333333
Telf.: (591) 3-3333333

Oficina - Tarija
Calle 1 de Mayo,
Nº 1000, entre Arce
y Bolívar, 100000000,
Nº 10 de Mayo y Arce
Telf.: (591) 3-3333333

Oficina - Potosí
Av. Bolívar, entre Calle
Bolívar y San Martín
Telf.: (591) 3-3333333
Potosí, 100000000