



## **Pre**grado

**Carrera: ELECTRICIDAD**

**Asignatura (UIC):  
DESARROLLO DE PROYECTO**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del**

**Título en: TECNÓLOGO ELÉCTRICO**

**Tema:  
MANTENIMIENTO Y DISEÑO DEL  
SISTEMA ELECTRICO Y PUESTA A  
TIERRA EN ACOMETIDAS PRINCIPALES  
EN LA “UNIDAD EDUCATIVA FISCAL  
CONOCOTO”**

**Autor/s:  
VICTOR RODOLFO ARIAS GONZALEZ**

**Tutor metodológico: WILLIAM YUGCHA**

**Tutor Técnico: WILLIAM YUGCHA**

**Sangolquí, agosto de 2024**



**Autor:**



**Arias González Víctor Rodolfo**

**Título a obtener: TECNÓLOGO ELÉCTRICO**

**Matriz:** Sangolquí -Ecuador

**Correo electrónico:** victor.arias@ister.edu.ec

**Dirigido por:**



**William Germánico Yugcha Quinatoa**

**Título:** Ing. Eléctrico

**Matriz:** Sangolquí -Ecuador

**Correo electrónico:** william.yugcha@ister.edu.ec

**Todos los derechos reservados.**

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui SANGOLQUÍ –

ECUADOR

VICTOR RODOLFO ARIAS GONZALEZ

MANTENIMIENTO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO Y PUESTA A TIERRA EN  
ACOMETIDAS PRINCIPALES EN LA “UNIDAD EDUCATIVA FISCAL CONOCOTO”

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

**CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2**

Sangolquí, 21 de octubre del 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez  
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín  
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE  
UNIVERSITARIO**

**Presente**

Por medio de la presente, yo, VICTOR RODOLFO ARIAS GONZALEZ declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado MANTENIMIENTO, REDISEÑO DE SISTEMA ELÉCTRICO E INSTALACIÓN DE MALLA PUESTA A TIERRA EN ACOMETIDAS PRINCIPALES EN LA “UNIDAD EDUCATIVA FISCAL CONOCOTO”, de la Tecnología Superior en Electricidad y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,

VICTOR  
RODOLFO ARIAS  
GONZALEZ



Firmado digitalmente  
por VICTOR RODOLFO  
ARIAS GONZALEZ  
Fecha: 2024.10.21  
10:00:04 -05'00'

Victor Rodolfo Arias Gonzalez  
C.I.: 1718076746

## FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

**CT-ANX-2024-ISTER-1**

**CARRERA:**  
TECNOLOGIA EN ELECTRICIDAD

**AUTOR /ES:**  
VICTOR RODOLFO ARIAS GONZALEZ

**TUTOR:**  
WILLIAM GERMANICO YUGCHA QUINATO

**CONTACTO ESTUDIANTE:**  
(0998412844)

**CORREO ELECTRÓNICO:**  
[VICRODYARIASG@GMAIL.COM](mailto:VICRODYARIASG@GMAIL.COM)

**TEMA:**  
MANTENIMIENTO, REDISEÑO DE SISTEMA ELECTRICO E INSTALACION DE MALLA PUESTA A TIERRA EN ACOMETIDAS PRINCIPALES EN LA “UNIDAD EDUCATIVA FISCAL CONOCOTO”

**OPCIÓN DE TITULACIÓN:**  
UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**RESUMEN EN ESPAÑOL:**

El sistema eléctrico debe ser revisado cada periodo de tiempo de acuerdo al requerimiento emitido por la entidad y el lugar de implementación, sin embargo, en un periodo determinado el sistema deberá ser remodelado de acuerdo a las nuevas necesidades o actualizaciones pertinentes.

En la Unidad Educativa “CONOCOTO”, el sistema eléctrico sufrirá una remodelación y obtendrá el diseño de lo instalado, su sistema de mantenimiento de acuerdo a las recomendaciones técnicas y un “SPT” para garantizar el correcto funcionamiento de equipos y la supresión de variaciones de voltajes y corrientes.

El diseño eléctrico se realizará en base a los requerimientos necesarios para el colegio, la remodelación de las acometidas se tomará en cuenta según los estudios y análisis obtenidos,

el SPT se construye para complementar todo el sistema eléctrico, una vez elaborado todo lo antes mencionado se generará un sistema de mantenimientos para así lograr alargar la calidad, eficiencia y eficacia del funcionamiento del sistema eléctrico.

Las acometidas principales en correcto funcionamiento establecen un abastecimiento y funcionamiento del sistema eléctrico sin tener un sobrecalentamiento o sobrecarga en una sola de las acometidas principales.

**PALABRAS CLAVE:**

(acometida eléctrica, diseño eléctrico, sistema de puesta a tierra, soterramiento)

**ABSTRACT:**

(The electrical system must be reviewed each period of time according to the requirement issued by the entity and the place of implementation, however, in a certain period the system must be remodeled according to new needs or pertinent updates.

In the school "CONOCOTO", the electrical system will undergo a remodeling and will obtain the design of what is installed, its maintenance system according to the technical recommendations and an "SPT" to guarantee the correct operation of equipment and the suppression of variations of voltages and currents.

The electrical design will be carried out based on the necessary requirements for the school, the remodeling of the connections will be taken into account according to the studies and analyzes obtained, the SPT is built to complement the entire electrical system, once everything mentioned above has been prepared, it will be It will generate a maintenance system in order to extend the quality, efficiency and effectiveness of the operation of the electrical system.

Main connections in correct operation establish supply and operation of the electrical system without overheating or overloading in a single main connection.

Keywords: electrical connection, electrical design, grounding system.

## SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2  
Sangolquí, 21 de octubre del 2024

Sres.-  
**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE  
UNIVERSITARIO**

**Presente**

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: (VICTOR RODOLFO ARIAS GONZALEZ), con C.I.: 1718076746 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD

Atentamente,

Firmado digitalmente por  
VICTOR RODOLFO ARIAS  
GONZALEZ  
Fecha: 2024.10.21 09:53:31  
-05'00'

Firma del Estudiante

C.I.: 1718076746

### SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de .....; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

\_\_\_\_\_  
MSc. Elizabeth Ordoñez  
DIRECTORA DE DOCENCIA

\_\_\_\_\_  
MSc. Mónica Loachamín  
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**MATRIZ SANGOLQUÍ:** Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 [www.ister.edu.ec](http://www.ister.edu.ec) / [info@ister.edu.ec](mailto:info@ister.edu.ec)

## DEDICATORIA

A mi madre María González por sus palabras de ánimo cada vez que tenía alguna dificultad siempre dándome palabras de aliento y por sus valores enseñados desde niño, los cuales me permitieron ser fuerte y perseverante para lograr el objetivo propuesto.

A mi familia y conocidos por su apoyo en cada etapa.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su bendición y la oportunidad de obtener la sabiduría necesaria para poder avanzar con mis estudios y así lograr obtener mi título profesional. A todos mis profesores de cada materia de la carrera de Electricidad por su esfuerzo y paciencia para inculcar los conocimientos y experiencias necesarias.

A toda mi familia por brindarme su apoyo en varios aspectos y en especial a mi esposa e hijo por ser mi pilar para lograr culminar mis estudios.

A mis amigos que en su momento aportaron con su valiosa ayuda y palabras de ánimo en el proceso estudiantil.

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCION .....	3
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Alcance.....	3
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Fusibles NH T1 .....	4
2.2 Bases porta fusibles tamaño 1 – 250 A .....	5
2.3 Cable tipo TTU de cobre .....	6
2.4 Circuitos secundarios .....	6
2.5 Disyuntor tipo caja moldeada.....	6
2.6 Tablero de distribución o centro de carga o caja térmica .....	7
2.7 Breaker enchufable.....	8
2.8 Gabinete pesado para distribución secundaria (posibilidad de 40 x 60) .....	8
2.9 Soterramiento de circuitos.....	9
2.10 Circuitos aéreos – acometidas aéreas .....	10
2.11 Cable antihurto de aluminio .....	11
2.12 Sistema de puesta a tierra .....	12
2.13 Resistencia de las tomas de tierra.....	13
2.14 Varilla cooperweld alta camada .....	13
2.15 Cable desnudo .....	14
2.16 Soldadura exotérmica .....	15
2.17 Macilla de sellado.....	15
2.18 Mejoradores de suelos .....	15
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....	17
3.1 LEVANTAMIENTO DE SISTEMA ELECTRICO .....	17
3.1.1 Ubicación del lugar a intervenir. ....	17

3.1.2 Transformador.....	17
3.1.3 Acometida principal .....	18
3.1.4 Tablero de distribución principal .....	19
3.1.5 Acometidas secundarias .....	20
3.2 PLANO ELECTRICO.....	21
3.2.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE TDP .....	21
3.3 ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA .....	22
3.3.1 Estudio de carga bloque 1 .....	22
3.3.2 Estudio de carga bloque 2 .....	23
3.4 CAIDA DE VOLTAJE .....	24
3.5 Sistema puesta a tierra.....	25
4. RESULTADOS.....	30
4.1 Obra Civil para acometidas existentes. ....	30
4.1.1 Reconocimiento de soterramiento existente.....	30
4.1.2 Pozos uso eléctrico .....	31
4.1.3 Canalización para acometidas soterradas .....	33
4.1.4 Relleno y compactación de canalización.....	34
4.1.5 Correcciones finales de obras civiles .....	35
4.2 Mantenimiento y reubicación de conductores soterrados existentes.....	36
4.2.1 Mantenimiento de empalmes .....	36
4.2.2 Instalación de acometidas existentes.....	37
4.2.3 Señalética en pozos .....	38
4.3 Instalación de acometidas aéreas.....	39
4.3.1 Anclaje de acometidas.....	40
4.3.2 Conexionado de acometidas .....	41
4.4 Mantenimiento de Tablero de Distribución Principal (TDP) .....	42
4.4.1 Limpieza general de bornes.....	43
4.4.2 Peinado y conexión de circuitos .....	44
4.4.3 Señalética y Etiquetado .....	45
4.4.4 Revisión de voltajes .....	46
4.5 Plan de mantenimiento .....	47
4.6 Proceso constructivo Sistema Puesta a Tierra (SPT) .....	48
4.6.1 Canalización SPT .....	48

4.6.2 Instalación de picas de alta camada.....	49
4.6.3 Suelda exotérmica .....	50
4.6.4 Relleno y compactación de SPT.....	51
4.6.5 Mediciones finales.....	52
4.7 RESULTADOS GENERALES.....	53
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	54
5.1 CONCLUSIONES .....	54
5.2 RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
ANEXOS .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de ubicación .....	17
Tabla 2: Límites para índice de nivel de voltaje .....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Fusible NH.....	4
Figura 2: Bases portafusible.....	5
Figura 3: Cable tipo TTU.....	6
Figura 4: Disyuntor tipo caja moldeada.....	7
Figura 5: Centro de carga.....	7
Figura 6: Breakers enchufables.....	8
Figura 7: Gabinete pesado.....	8
Figura 8: Acometida aérea.....	10
Figura 9: Cable antihurto de aluminio.....	11
Figura 10: SPT.....	12
Figura 11: Medición de resistencia en SPT.....	13
Figura 12: Varilla cooperweld.....	14
Figura 13: Conductor desnudo de cobre.....	14
Figura 14: Soldadura exotérmica.....	15
Figura 15: Colocación de mejorador de suelo.....	15
Figura 16: Croquis de ubicación.....	17
Figura 17: Transformador existente.....	18
Figura 18: Acometida principal.....	18
Figura 19: T.D.P.....	19
Figura 20: Acometidas secundarias.....	20
Figura 21: T.D.S.....	20
Figura 22: Parámetros para SPT.....	25
Figura 23: Configuración picas.....	26
Figura 24: Distancia entre picas.....	26
Figura 25: Base malla de SPT.....	27
Figura 26: Parámetros a exportar.....	27
Figura 27: Parámetros por método finito.....	28
Figura 28: Simulación con capa de gravilla.....	28
Figura 29: Simulación S.P.T.....	29
Figura 30: Verificación de valores.....	29
Figura 31: Conductores existentes.....	30
Figura 32: Normativa para pozos eléctricos.....	31
Figura 33: Apertura de zanja para SPT.....	32
Figura 34: Tendido de ductos.....	33
Figura 35: Relleno y compactación.....	34
Figura 36: Finalización obra civil.....	35
Figura 37: Mantenimiento y revisión de tendido existente.....	36
Figura 38: Instalación de acometidas.....	37
Figura 39: Señalización.....	38
Figura 40: Instalación acometidas aéreas.....	39
Figura 41: Anclaje de acometidas.....	40
Figura 42: Conexión centro de carga.....	41
Figura 43: Mantenimiento de T.D.P.....	42

Figura 44: Limpieza de bornes .....	43
Figura 45: Peinado y conexión de circuitos .....	44
Figura 46: Señalética y etiquetado .....	45
Figura 47: Revisión de voltajes .....	46
Figura 48: Proceso constructivo del S.P.T. ....	48
Figura 49: Excavación de zanja .....	49
Figura 50: Suelda exotérmica.....	50
Figura 51: Relleno y compactación de zanja.....	51
Figura 52: Instalación de telurómetro para medición.....	52
Figura 53: Medición final S.P.T.....	53

## RESUMEN

### TEMA:

MANTENIMIENTO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO Y PUESTA A TIERRA EN ACOMETIDAS PRINCIPALES EN LA “UNIDAD EDUCATIVA FISCAL CONOCOTO”

El sistema eléctrico debe ser revisado cada periodo de tiempo de acuerdo al requerimiento emitido por la entidad y el lugar de implementación, sin embargo, en un periodo determinado el sistema deberá ser remodelado de acuerdo a las nuevas necesidades o actualizaciones pertinentes.

En la Unidad Educativa “CONOCOTO”, el sistema eléctrico sufrirá una remodelación y obtendrá el diseño de lo instalado, su sistema de mantenimiento de acuerdo a las recomendaciones técnicas y un sistema de puesta a tierra para garantizar el correcto funcionamiento de equipos y la supresión de variaciones de voltajes y corrientes.

El diseño eléctrico se realizará de acuerdo a las necesidades de la institución, la remodelación de las acometidas se tomará en cuenta según los estudios y análisis obtenidos, el sistema de puesta a tierra se construye para complementar todo el sistema eléctrico, una vez elaborado todo lo antes mencionado se generará un sistema de mantenimientos para así lograr alargar la calidad, eficiencia y eficacia del funcionamiento del sistema eléctrico.

Las acometidas principales en correcto funcionamiento establecen un abastecimiento y funcionamiento del sistema eléctrico sin tener un sobrecalentamiento o sobrecarga en una sola de las acometidas principales.

**Palabras claves:** acometida eléctrica, diseño eléctrico, sistema de puesta a tierra.

## ABSTRACT

The electrical system must be reviewed each period of time according to the requirement issued by the entity and the place of implementation, however, in a certain period the system must be remodeled according to new needs or pertinent updates.

In the “CONOCOTO” Educational Unit, the electrical system will undergo a remodeling and will obtain the design of what is installed, its maintenance system according to the technical recommendations and a grounding system to guarantee the correct operation of equipment and the suppression of variations of voltages and currents.

The electrical design will be carried out according to the needs of the institution, the remodeling of the connections will be taken into account according to the studies and analyzes obtained, the grounding system is built to complement the entire electrical system, once everything has been prepared. mentioned above, a maintenance system will be generated in order to extend the quality, efficiency and effectiveness of the operation of the electrical system.

Main connections in correct operation establish supply and operation of the electrical system without overheating or overloading in a single main connection.

**Keywords:** electrical connection, electrical design, grounding system.

## 1. INTRODUCCION

## 1.1 Planteamiento del problema

En la Unidad Educativa “Conocoto”, ha surgido una necesidad debido a que sus instalaciones de acometidas eléctricas se encuentran obsoletas, por tiempos de mantenimiento fuera de rango, de similar manera en la parte de distribución no poseen una identificación de circuitos del sistema eléctrico para las diferentes derivaciones, otra de las deficiencias que se tiene es que existen bloques de aulas que tienen el sistema eléctrico sin operación, no funcionan en su totalidad

## 1.2 Justificación

Este proyecto busca mejorar la calidad en la educación para ello readecuará el sistema de acometidas principales eléctricas, reestablecerá el uso a todas las instalaciones eléctricas para el correcto funcionamiento de todas las instalaciones.

## 1.3 Alcance

El trabajo a realizar será el análisis y cambio de protecciones en bajantes en medio voltaje, realizar mantenimiento, readecuación y verificación de circuitos hasta centros de carga por bloque, realizar el sistema puesta a tierra para complementar el correcto y eficiente funcionamiento del sistema eléctrico.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Realizar el mantenimiento integral y el diseño del sistema eléctrico y la puesta a tierra en las acometidas principales de la unidad educativa para garantizar la seguridad, eficiencia y continuidad del suministro eléctrico

### 1.4.2 Objetivos específicos

Realizar una inspección detallada del sistema eléctrico actual, incluyendo las acometidas principales, paneles de distribución, cables, y dispositivos de protección

Verificar de manera individual el correcto funcionamiento de acometidas por cada bloque asignado.

Diseñar un plan de mejora que incluya la actualización de componentes, mejoras en la distribución de cargas y la incorporación de tecnologías eficientes

Verificar y, si es necesario, rediseñar y ejecutar el sistema de puesta a tierra para asegurar una protección efectiva contra descargas eléctricas y fallos de aislamiento

Elaborar sistema de puesta a tierra complementando la eficiencia de sistema eléctrico.

## 2. MARCO TEÓRICO

## 2.1 Fusibles NH T1

Un fusible es un dispositivo eléctrico hecho de un material conductor, el cual posee un punto de fusión bajo y es conectado a un circuito eléctrico con el fin de interrumpir en caso de que se presente una corriente excesiva. (Inter Eléctricas, (2020))

Son utilizados en plantas industriales y redes de distribución para proteger las líneas eléctricas, conductores y equipos, manejan corrientes nominales desde 6Amp hasta 1600Amp, todos con una tensión nominal de 500V. (4s ingeniería, (2021))

Un fusible NH (de la sigla en alemán "Neozed" o "NH" de "New" y "H" de "Hoch") es un tipo de dispositivo de protección utilizado en sistemas eléctricos de alta tensión y corriente. Estos fusibles son esenciales para proteger circuitos eléctricos y equipos contra sobre corrientes, cortocircuitos y otras fallas.

Algunas características clave de los fusibles NH:

**Diseño y Construcción:** Los fusibles NH tienen una forma rectangular y se montan en una base de fusible. El cuerpo del fusible suele estar hecho de materiales cerámicos o de vidrio para soportar altas temperaturas y proporcionar aislamiento eléctrico. El elemento fusible interno está diseñado para fundirse y desconectar el circuito cuando la corriente excede un cierto límite.

**Clasificación de Corriente:** Los fusibles NH están disponibles en una variedad de clasificaciones de corriente y voltaje, lo que permite elegir el fusible adecuado para diferentes aplicaciones. La clasificación del fusible determina el nivel de corriente que puede soportar sin fundirse.

**Aplicaciones:** Se utilizan comúnmente en sistemas de distribución de energía, paneles de control y en aplicaciones industriales. Son adecuados para proteger equipos eléctricos de alta potencia y para asegurar la integridad de los sistemas eléctricos.

**Tamaño y Codificación:** Los fusibles NH vienen en diferentes tamaños y tipos, cada uno adecuado para distintas aplicaciones. La codificación y el tamaño están estandarizados para facilitar la selección y sustitución en sistemas eléctricos.

**Montaje:** Generalmente, se montan en una base que se conecta a un circuito. En caso de sobre corriente, el fusible se funde y corta el flujo de corriente para proteger el sistema.



Figura 1 : Fusible NH

Los fusibles NH mostrados en la Figura 1 son componentes cruciales en la protección de sistemas eléctricos, especialmente en entornos industriales donde se manejan corrientes elevadas y equipos sensibles.

## 2.2 Bases porta fusibles tamaño 1 – 250 A

Las bases portafusibles son un tipo específico de porta fusible que está diseñado para alojar y sostener un fusible de manera segura en un sistema eléctrico.

Algunas características comunes de una base porta fusible incluyen:

**Diseño y construcción:** Las bases portafusibles suelen estar fabricadas con materiales resistentes al calor y aislantes, como plástico o cerámica. Están diseñadas para soportar la corriente y las condiciones de funcionamiento previstas.

**Tipo de montaje:** Las bases portafusibles pueden tener diferentes opciones de montaje, como montaje en panel o montaje en riel DIN, lo que permite una instalación segura y conveniente en el sistema eléctrico.

**Conexiones eléctricas:** Las bases portafusibles tienen terminales o contactos eléctricos para conectarlas al circuito. Estos terminales pueden ser de tornillo, resorte o engarce, y permiten la conexión de los cables eléctricos.

**Compatibilidad con fusibles:** Las bases portafusibles están diseñadas para alojar un tipo específico de fusible, como fusibles de vidrio, fusibles de cerámica o fusibles de cartucho. El tamaño y la capacidad del fusible deben coincidir con las especificaciones de la base portafusible.

**Características adicionales:** Algunas bases portafusibles pueden incluir características adicionales, como indicadores LED para mostrar el estado del fusible, tapas de protección para evitar el contacto accidental y pestañas de bloqueo para asegurar el fusible en su lugar. (AutoSolar (2023)).

Una base portafusible como se indica en la Figura 2 es un dispositivo eléctrico diseñado para sostener y conectar un fusible en un circuito eléctrico. Su función principal es proporcionar un punto de conexión seguro para el fusible, permitiendo su instalación, mantenimiento y reemplazo.

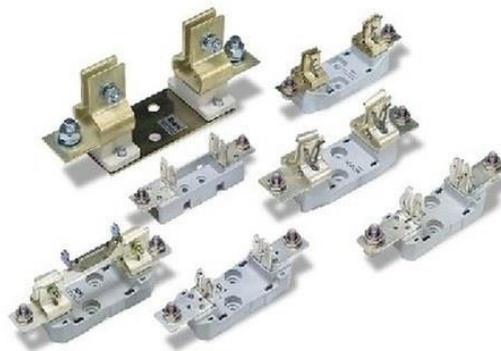


Figura 2: Bases portafusible

### 2.3 Cable tipo TTU de cobre

Conductor de cobre suave en configuración cableado con aislamiento en Polietileno (PE-75°C) resistente a la abrasión, al calor y la humedad y una chaqueta externa de Policloruro de Vinilo (PVC) retardante a la llama y resistente a la intemperie. (Centelsa (2018)).

El cable TTU de cobre como muestra la Figura 3 es un tipo de cable diseñado para aplicaciones industriales y de alta tensión que utiliza conductores de cobre para ofrecer una buena conductividad eléctrica.

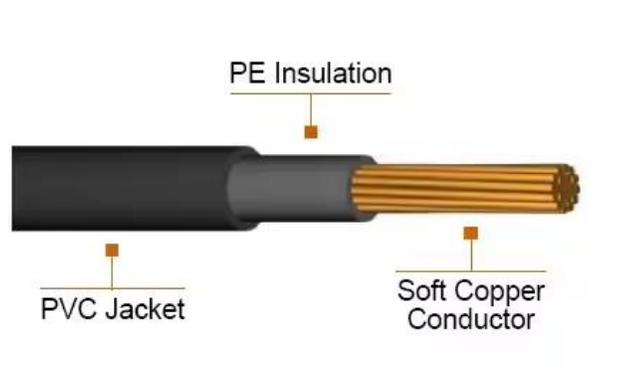


Figura 3: Cable tipo TTU

### 2.4 Circuitos secundarios

Los circuitos secundarios en un sistema eléctrico se refieren a los circuitos que derivan de un circuito primario para distribuir energía a cargas más pequeñas y específicas dentro de una instalación. En un contexto general, el término "circuitos secundarios" se puede aplicar en diferentes situaciones, como en la distribución de energía eléctrica en edificios, sistemas de control industrial o en transformadores.

### 2.5 Disyuntor tipo caja moldeada

Según Donal Rio de técnica, el disyuntor caja moldeada tiene corrientes nominales y protecciones de corte tanto en sobrecargas como en cortocircuito muy superiores a los disyuntores magnetotérmicos.

Un breaker tipo caja moldeada (también conocido como interruptor automático de caja moldeada o Molded Case Circuit Breaker, MCCB en inglés) el cual se muestra en la Figura 4 es un dispositivo de protección eléctrica utilizado en sistemas de distribución de energía para proteger los circuitos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos.

La prueba de poder de corte último ( $I_{cu}$ ), tras realizar y superar la secuencia de ensayos de cortocircuito (2 cortocircuitos) garantizará el aislamiento dieléctrico y el funcionamiento, (no estricto), en sobrecarga. No se garantizan otras características como calentamientos, durabilidad. La prueba de poder de corte de Servicio ( $I_{cs}$ ), es más exigente y tras realizar la secuencia de cortocircuitos (3 cortocircuitos) se realizan una serie de pruebas para verificar que el interruptor aún funcione todo y que a unas prestaciones inferiores a las nominales, sin mermar de forma considerable sus funciones. Se ha de garantizar el aislamiento dieléctrico, el funcionamiento en sobrecarga y de forma no estricta otras características como el

calentamiento, durabilidad; en ambas pruebas lo que sí se garantiza es el aislamiento del circuito.

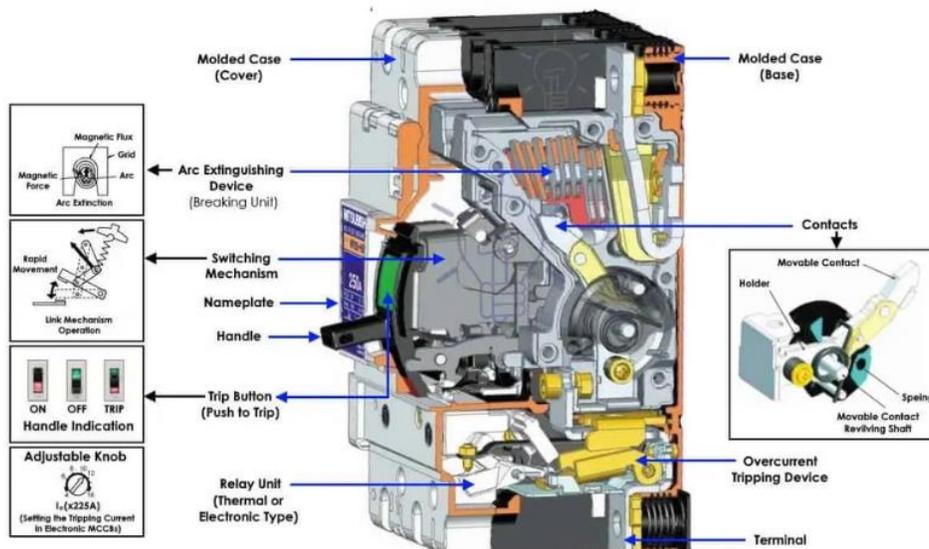


Figura 4: Disyuntor tipo caja moldeada

## 2.6 Tablero de distribución o centro de carga o caja térmica

Los tableros de distribución se utilizan para distribuir la electricidad de manera segura en todas las instalaciones comerciales e industriales. Un tablero de distribución es un componente de un sistema eléctrico de distribución que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos derivados, al tiempo que proporciona un disyuntor o fusible de protección para cada circuito, en un gabinete común; es un componente esencial para la gestión y protección de sistemas eléctricos, proporcionando una manera organizada y segura de distribuir la energía a diferentes partes de una instalación.

Los tableros de distribución indicado en la Figura 5 normalmente tienen un voltaje nominal máximo de 600 Vac/Vdc y un bus nominal máximo de 6000 A, y están diseñados para cumplir con las normas UL891 y NEMA PB2. (Eaton (2024)).



Figura 5: Centro de carga

## 2.7 Breaker enchufable

Breaker enchufable termomagnético. Disparo simultáneo.

El breaker eléctrico como se muestra en la Figura 6 es el dispositivo diseñado para detener el paso de la corriente a través del circuito eléctrico. A la hora de realizar la instalación de alguno de ellos, te encontrarás con distintos tipos como el bipolar y el unipolar.

Para poder activarse, ambos utilizan una tecla que sirve para activar y desactivar el circuito, pero entre ellos cuentan con diferencias relacionadas con el número de cables que necesitan para su conexión. (Suministro de materiales eléctricos (2023)).



Figura 6: Breakers enchufables

## 2.8 Gabinete pesado para distribución secundaria (posibilidad de 40 x 60)

Los tableros de distribución son gabinetes de seguridad para las instalaciones eléctricas, cuya función es el aislamiento de las fallas para que no desencadenen en eventos peligrosos. Asimismo, para facilitar las labores de mantenimiento plantas de luz y otras de tipo correctivas. Tener en tu empresa o industria un cuarto que organice el sistema eléctrico te protegerá de cualquier imprevisto.

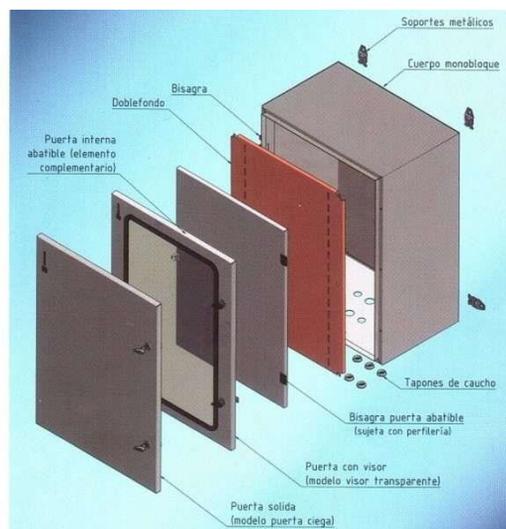


Figura 7: Gabinete pesado

El tablero visualizado en la Figura 7 agrupa los disyuntores, fusibles y los elementos de conexión a tierra y contra fugas. Su principal función es la correcta distribución de la electricidad que llega desde la fuente de alimentación al gabinete y luego a los diferentes circuitos derivados.

Cada circuito derivado cuenta con un sistema de protección individual y son alimentados de acuerdo a sus demandas de carga particulares. Esto significa que los circuitos están aislados y en caso de que sucediese una falla, la misma no afectará a los demás componentes de la instalación.

Como el tablero divide las cargas, cuando se necesite desconectar un circuito no será necesario hacer la desconexión de toda la instalación. Es decir, que ciertas partes seguirán recibiendo corriente eléctrica proveniente de la fuente principal; mientras otras permanecen apagadas por tareas puntuales.

Los tableros de distribución se diseñan a medida, pues deberán ajustarse a las necesidades particulares de la instalación eléctrica y el uso que se hará de ella. (Soluciones en energía (2024)).

## 2.9 Soterramiento de circuitos

El soterrado de cables lleva, en términos básicos, al clásico tendido de cables eléctricos y de fibra óptica bajo tierra, creando toda una infraestructura subterránea, provista de poliductos y materiales aptos para las condiciones propias de la tierra. Si bien el costo promedio de instalación de este tipo de infraestructuras sobrepasa hasta 10 veces el valor de la infraestructura área.

- **Baja probabilidad de rotura y cortocircuito** por la mayor vida útil del cableado subterráneo al estar menos expuesto al desgaste propio del contacto permanente con el medio ambiente que el cableado aéreo. Cabe mencionar que el cableado soterrado se inserta en un ducto que los resguarda y ordena, previniendo cortocircuitos y roturas.
- **Beneficio estético.** El soterramiento de cables proporciona mayor visibilidad general, dando un respiro visual a las panorámicas urbanas y rurales. Fomentando la conservación de la estética en los lugares y brindando más espacio ya que se prescinde de postes y torres de alta tensión.
- **Continuidad de servicios al 100%.** Con este sistema puedes olvidarte de la intermitencia de servicios como consecuencia de accidentes o condiciones climáticas adversas, porque el cableado subterráneo raramente se ve alterado o interrumpido por imprevistos. Así, su funcionalidad es prácticamente inalterable e ininterrumpida, asegurando los más altos estándares de calidad.
- **Mayor seguridad y protección.** Entregar mayor seguridad y protección a las personas es uno de los beneficios más valorados de este tipo de red, porque sus características de construcción disminuyen el riesgo para transeúntes y conductores de sufrir accidentes como tocar accidentalmente cables de alta tensión y derrumbe de cables. Además, los cables al no estar expuestos, dejan de ser un flanco de cortes e intervenciones intencionales por parte de delincuentes. (lifestyle, (Noviembre, 2022))

## 2.10 Circuitos aéreos – acometidas aéreas

Las acometidas aéreas son conjunto de cables que transmiten la energía y su tendido es mediante el aire en alturas que no se puedan topar con facilidad ni romper y que pueda existir libre tránsito vehicular.

Los circuitos aéreos son aquellos en los que los cables eléctricos se instalan sobre soportes o estructuras, como postes o torres, en lugar de estar soterrados. Este tipo de instalación es común en sistemas de distribución de energía eléctrica y telecomunicaciones, y tiene características, ventajas y desventajas específicas. A continuación, se ofrece una descripción detallada de los circuitos aéreos:

### Características de los Circuitos Aéreos

**Instalación: Soportes:** Los cables se montan sobre postes de madera, acero, concreto o torres metálicas. Estos soportes están diseñados para sostener los cables a una altura segura del suelo.

**Cables:** Los cables utilizados en instalaciones aéreas suelen tener una capa de aislamiento diseñada para resistir las condiciones ambientales. Los tipos más comunes incluyen cables de aluminio o cobre con aislamiento termoplástico o reticulado.

**Tipos de Cables: Cables Aéreos Desnudos:** Estos cables no tienen una capa adicional de aislamiento y se utilizan principalmente en sistemas de distribución de energía a media o baja tensión.

**Cables Aéreos Aislados:** Estos cables están recubiertos con un aislamiento que protege el conductor y aumenta la seguridad, especialmente en áreas urbanas o residenciales.

### Diseño y Construcción:

**Tensado y Soporte:** Los cables deben estar tensados adecuadamente para evitar que se toquen entre sí o con otros objetos, lo que podría causar cortocircuitos o fallos.

**Alineación:** Los cables se alinean cuidadosamente para evitar la interferencia con edificios, árboles u otros obstáculos.



Figura 8: Acometida aérea

## Ventajas de los Circuitos Aéreos

**Costo Inicial:** Generalmente, la instalación de circuitos aéreos mostrado en la Figura 8 es menos costosa en comparación con el soterramiento, ya que requiere menos excavación y menos materiales costosos como tuberías o conductos.

**Accesibilidad para Mantenimiento:** Los circuitos aéreos son más fáciles de acceder para inspecciones, reparaciones y mantenimientos en comparación con los soterrados.

**Flexibilidad:** Permiten una instalación más rápida y flexible, y se pueden modificar o expandir con relativa facilidad.

### 2.11 Cable antihurto de aluminio

Conductor de aluminio serie 8176, aislado con XLPE con neutro concéntrico para acometida. Tipo SEU, 600V como se indica en la Figura 9.

Aunque el aluminio es menos conductor que el cobre, se utiliza en cables debido a su bajo costo y peso. En cables antihurto, el aluminio puede ser tratado o reforzado para mejorar su resistencia y durabilidad.

Los cables antihurto suelen tener un revestimiento especial diseñado para disuadir o dificultar el corte o la manipulación. Este revestimiento puede ser metálico o contener una malla de acero para ofrecer mayor protección.

#### **Construcción:**

Elaborado bajo norma UL 854, cable Aislado con XLPE, con neutro cableado concéntrico, cinta de fibra de vidrio anti-llama, y chaqueta de XLPE

#### **Aplicación:**

Sistema aéreo de distribución secundaria acometida servicio al medidor eléctrico (ECUACABLE (s.f.)).



Figura 9: Cable antihurto de aluminio

## 2.12 Sistema de puesta a tierra

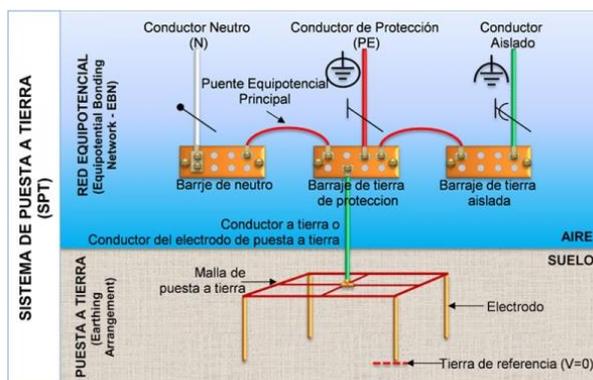


Figura 10: SPT

La puesta o conexión a tierra como indica en la Figura 10 es la conexión eléctrica directa de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno, no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la de descarga de origen atmosférico.

La finalidad principal de una puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra se utiliza en cualquier tipo de instalaciones, sean éstas industriales, comerciales o residenciales. Los objetivos de esta forma de protección consisten en habilitar la conexión a tierra en sistemas con neutro a tierra, proporcionar el punto de descarga para las carcasas, armazón o instalaciones; asegurar que las partes sin corriente, como armazones de los equipos, estén si empre a potencial de tierra, aun en el caso de fallar en el aislamiento, y proporcionar un medio eficaz para descargar los alimentadores o equipos antes de proceder en ellos a trabajos de mantenimiento

Los objetivos fundamentales de los sistemas de puesta a tierra son los siguientes:

- Proporcionar Seguridad a las Personas. Esto previniendo el paso de corriente al momento de un desperfecto y toques el equipo, sin tierra el equipo descargará su energía sobre ti.
- Trayectoria para la conducción de la energía del rayo. Drena la corriente del rayo. El rayo viajará por los conductores hasta la tierra donde el sistema lo disipará por medio de los electrodos.
- Drena cargas estáticas; Un sistema de tierra no permite que se almacene electricidad estática que al momento de una descarga dañe componentes electrónicos (Tablillas, Sensores, Etc)

El tipo de suelo y su resistividad afectan el diseño del sistema de puesta a tierra. Es importante evaluar las condiciones del terreno para seleccionar el tipo adecuado de electrodos y métodos de instalación.

### 2.13 Resistencia de las tomas de tierra

Idealmente una conexión a tierra física como se muestra en la Figura 11 debe tener una resistencia de cero ohms ( $0 \Omega$ ). No existe un valor normalizado de resistencia de conexión a tierra física que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, han recomendado un valor de resistencia de conexión a tierra física de 5,0 ohms o menos. La práctica recomendada IEEE 80-81 (2013) “Prácticas recomendadas para la conexión a tierra de sistemas eléctricos industriales y comerciales” sugiere una resistencia de la toma de tierra entre 1 y 5 ohms para sistemas comerciales o industriales de gran tamaño. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohms o menos.

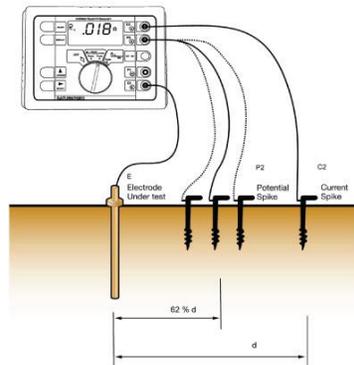


Figura 11: Medición de resistencia en SPT

El electrodo de una toma de tierra se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad. (García R. (06/2016)).

### 2.14 Varilla cooperweld alta camada

La función principal de la varilla *Copperweld* es proporcionar una conexión eléctrica confiable y eficiente en aplicaciones que requieren tanto resistencia mecánica como conductividad eléctrica. Al combinar una capa exterior de cobre electrolítico con un núcleo de acero, estas varillas ofrecen una serie de beneficios en diversas aplicaciones. Aquí están algunas de las funciones clave de las varillas *Copperweld*:

- **Conductividad eléctrica:** La capa exterior de cobre asegura una alta conductividad eléctrica. El cobre es conocido por ser un excelente conductor eléctrico, lo que es esencial en aplicaciones donde se necesita una transmisión eficiente de corriente eléctrica, como en sistemas de puesta a tierra, cables eléctricos, conexiones y otros componentes eléctricos.
- **Resistencia mecánica:** El núcleo de acero proporciona resistencia mecánica y durabilidad a la varilla. Esta combinación de acero y cobre permite que las varillas *Copperweld* soporten tensiones mecánicas, vibraciones y condiciones ambientales adversas, asegurando su integridad estructural a lo largo del tiempo.
- **Puesta a tierra:** En sistemas de puesta a tierra, las varillas *Copperweld* se utilizan para establecer una conexión eléctrica eficiente con la tierra mostrado en la Figura 12. Esto es esencial para garantizar la seguridad de instalaciones eléctricas y equipos al proporcionar un camino de baja resistencia para la descarga de corriente eléctrica. (Electricistas.cl (2024)).

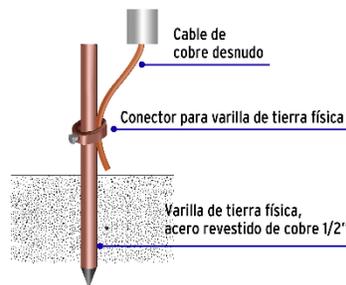


Figura 12: Varilla cooperweld

## 2.15 Cable desnudo



Figura 13: Conductor desnudo de cobre

Los conductores de Cobre Desnudo como se ve en la Figura 13 son usados para transmisión y distribución de energía eléctrica principalmente en líneas aéreas y en sistemas de puesta a tierra.

Todos los conductores de cobre se fabrican con una pureza mínima del 99.9% y en temple duros o suaves; los primeros son utilizados en líneas aéreas donde es requerida una mayor carga de rotura, mientras que el temple suave es utilizado en sistemas de puesta a tierra. (Centelsa (2023)).

## 2.16 Soldadura exotérmica

La soldadura exotérmica mostrada en la Figura 14 es una reacción aluminotérmica generada por alta temperatura en el crisol del molde para hacer que el metal se derrita completamente y como resultado lograr una unión molecular. Esta reacción se lleva a cabo en el interior del molde de grafito resistente a altas temperaturas. El proceso de la reacción exotérmica toma solamente unos pocos segundos. (Tecnoweld (2019))

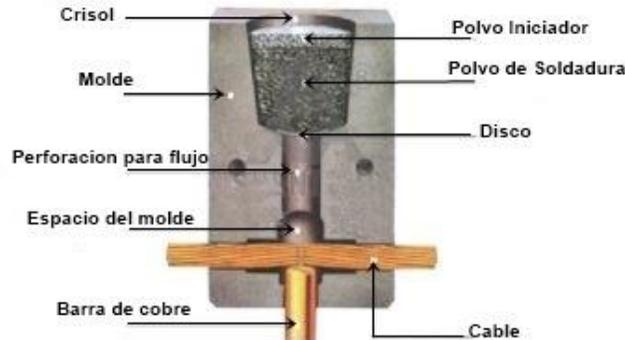


Figura 14: Soldadura exotérmica

## 2.17 Macilla de sellado

Es una masilla ligeramente dura, pegajosa, sin solventes que se utiliza para sellar cualquier salida de metal fundido entre el molde y las superficies a soldar. Tiene consistencia uniforme, sin partículas duras o grumos además de que no se reseca y se endurece ligeramente.

Es utilizado para que el material fundido no escape al exterior del molde y también cuando los orificios del molde se ensanchan debido al desgaste natural por uso continuo o cuando se requiere utilizar un conductor de sección inferior al inmediato de la sección nominal. No es tóxico ni inflamable. Es dúctil, manejable y moldeable.

## 2.18 Mejores de suelos

Mejores de suelos sirve para mejorar los suelos de alta resistividad y acelerar el proceso de compactación y conductividad eléctrica en puestas a tierra para obtener baja resistencia.

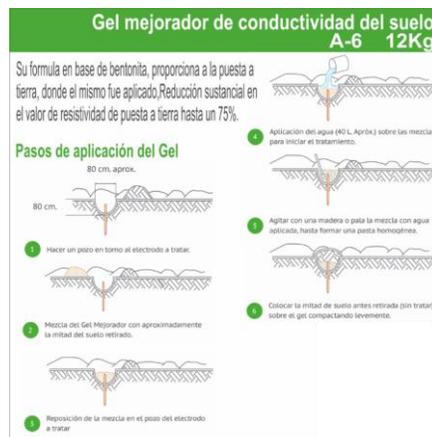


Figura 15: Colocación de mejorador de suelo

Los sistemas de puesta a tierra con mejoradores de suelo aseguran una protección de las personas y los equipos contra la energización de las masas por carga estática, el correcto funcionamiento del propio sistema eléctrico y electrónico. (Difasel (2024))

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

### 3.1 LEVANTAMIENTO DE SISTEMA ELECTRICICO

En el siguiente capítulo conoceremos la forma como desarrollaremos el tema planteado y los parámetros a seguir con la información adquirida y su estado actual.

#### 3.1.1 Ubicación del lugar a intervenir.

En la ciudad de Quito en la parroquia Conocoto ubicado en las calles Julio Moreno y su intersección calle Rosario de Alcázar, se encuentra ubicada la unidad educativa fiscal CONOCOTO la misma que se detalla en la Figura 16 y sus coordenadas en la Tabla 1.

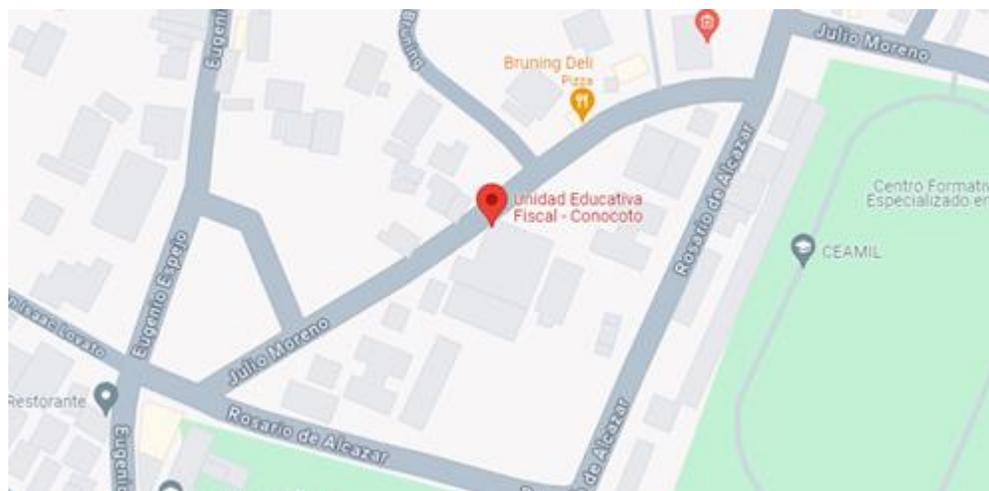


Figura 16: Croquis de ubicación

Tabla 1: Coordenadas de ubicación

Ubicación geográfica	X: 781191	Y: 9966816
Bloques intervenidos	Bloque 1, 2, 3	
Aulas por cada bloque	B1= 8 - B2= 6 - B3= 8 (Aulas)	

La institución inaugurada en 1973 la misma que la fecha tiene 51 años de actividad y con una recepción de estudiantes aproximada de 1500 alumnos. Debido a los años se ah evidenciado que las instalaciones eléctricas, específicamente las acometidas se encuentran con falta de mantenimiento y cambio para su correcta distribución eléctrica.

#### 3.1.2 Transformador

En la Figura 17 se muestra el transformador trifásico que sirve a la institución, con una potencia de 100 KVA montado en una torre de transformación conectado a la red pública de medio voltaje con su primario 22.8 Kv y su voltaje secundario 220/127 V.

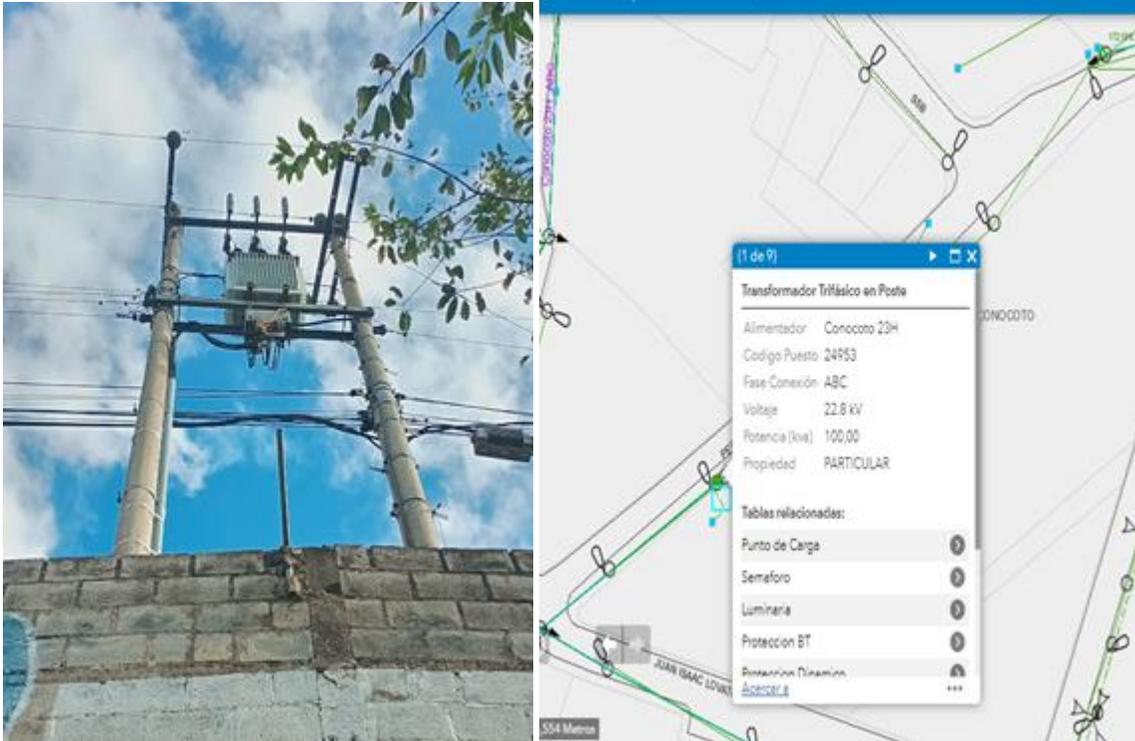


Figura 17: Transformador existente

### 3.1.3 Acometida principal

En la Figura 18 observamos la acometida principal la cual se encuentra conectada transformadores de corriente (T.C.) sin operación los mismos que se proyectan ser desinstalados y dicho cable reparado con cintas autofundente # 23 y cinta aislante 33+



Figura 18: Acometida principal

### 3.1.4 Tablero de distribución principal

En la Figura 19 se describe el T.D.P. de 40 puntos el cual se encuentra con su estructura deteriorada y requiere mantenimiento de barras de distribución y su disyuntor principal, además de el cambio de todos sus protecciones acordes a su carga y calibre de conductor por cada acometida.



Figura 19: T.D.P.

### 3.1.5 Acometidas secundarias

Se muestra en al Figura 20 el estado de las acometidas correspondientes a los circuitos de cada bloque y se encuentran es un estado de mantenimiento urgente.



Figura 20: Acometidas secundarias

La distribución secundaria de encuentra soterrada y en mal estado, para lo cual se analizará el mantenimiento de las acometidas que cumplan sus características de continuidad de funcionamiento y de no ser factible se suspenderá las mismas para disponer de la instalación de nuevas acometidas con su respectivo dimensionamiento de forma aérea.

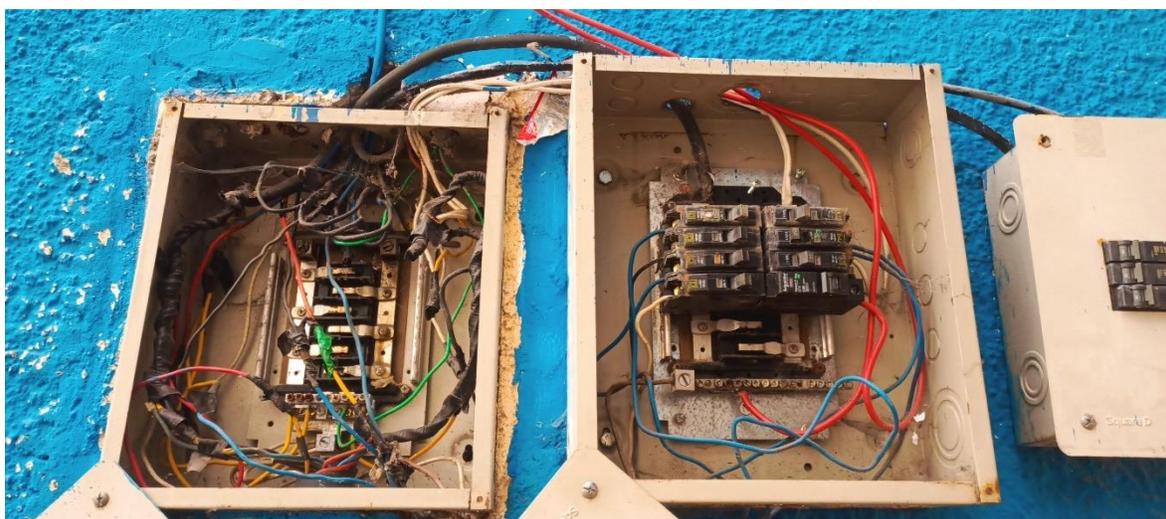


Figura 21: T.D.S.

## 3.2 PLANO ELECTRICO

### 3.2.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE TDP

Ver anexo 1





### 3.4 CAIDA DE VOLTAJE

Según la normativa formulada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNR 002/020) determina que bajo voltaje esta considerado en un rango menor a 0,6 KV y considera rango de voltaje admisible en porcentajes presentados en la Tabla 2

Tabla 2: Límites para índice de nivel de voltaje

Nivel de Voltaje	Rango admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	± 5.0 %
Medio Voltaje	± 6.0 %
Bajo Voltaje	± 8.0 %

COMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS											
PROYECTO:		COLEGIO CONOCOTO			CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:		100 KVA				
No. PROY.:					TIPO USUARIO:						
TIPO INSTALACIÓN:		AEREA			DMUp(KVA):						
TENSION:		220/127V	No. FASES:		2	CIRCUITO No:					
LIMITE CAIDA TENSION:		5,00%			MATERIAL CONDUCTOR:		TTU aluminio				
ESQUEMA:											
<b>BLOQUE 1 - 2</b>											
DESIG	ESQUEMA		DEMANDA KVA_d	CORRIENTE	CONDUCTOR		KVA_M	KVA_M TRAMO	COMPUTO		
	TRAMO LONG	NUME USUAR			CALIBRE	KVA (LT)			DV (%)	TOTAL	
0-1	18	1	100,00	308,75	TTU CU 3x(2x2/0)+1x(1x2) AWG		2968	1800,00	0,61	0,61	
1-2	122	1	4,32	19,64	SEU XLPE 2x(4)+1x(4)+1x(6) AWG		192	527,04	2,75	3,35	
1-3	50	1	2,49	11,32	SEU XLPE 2x(4)+1x(4)+1x(6) AWG		192	124,50	0,65	1,25	
MAXIMA CAIDA DE VOLTAJE										3,35	
REALIZÓ: VICTOR ARIAS				REVISÓ:				APROBÓ:			

### 3.5 Sistema puesta a tierra

Para el modelado del sistema de puesta a tierra se debe cumplir condiciones y parámetros siguiendo normativas de la ANSI IEEE STD 80-2013 y de tal forma relacionando las mismas con el software ETAP como base para la configuración de los cálculos requeridos. El cual inicialmente requiere de un diseño previo desde AUTOCAD y se vinculan mediante una herramienta denominada Etap tools.

A continuación en la Figura 22, se detalla mediante imágenes los parámetros a cumplir en el programa Etap en el proceso de diseño del sistema de puesta a tierra.

Dados los parámetros iniciales tomados en campo previa a la configuración



Figura 22: Parámetros para SPT

Configuración de las picas en AutoCAD, mostrado en la Figura 23.

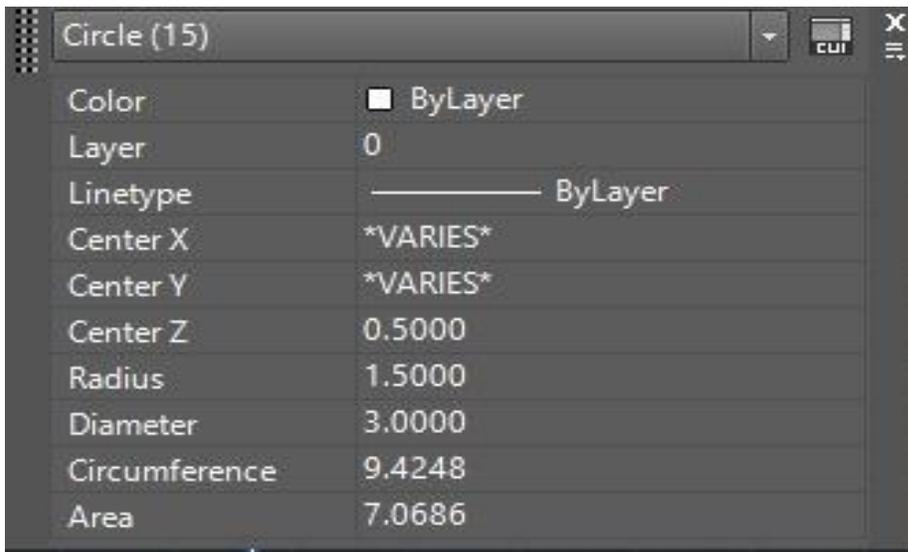


Figura 23: Configuración picas

Configuración distancia entre picas, mostrado en la Figura 24

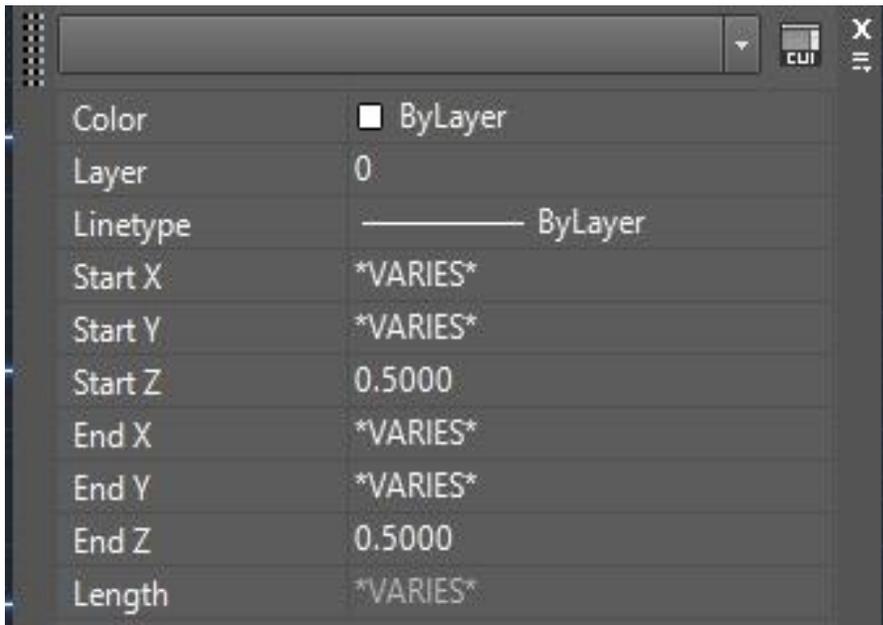


Figura 24: Distancia entre picas

Diseño base de malla puesta a tierra en AutoCAD, como se indica en la Figura 25.

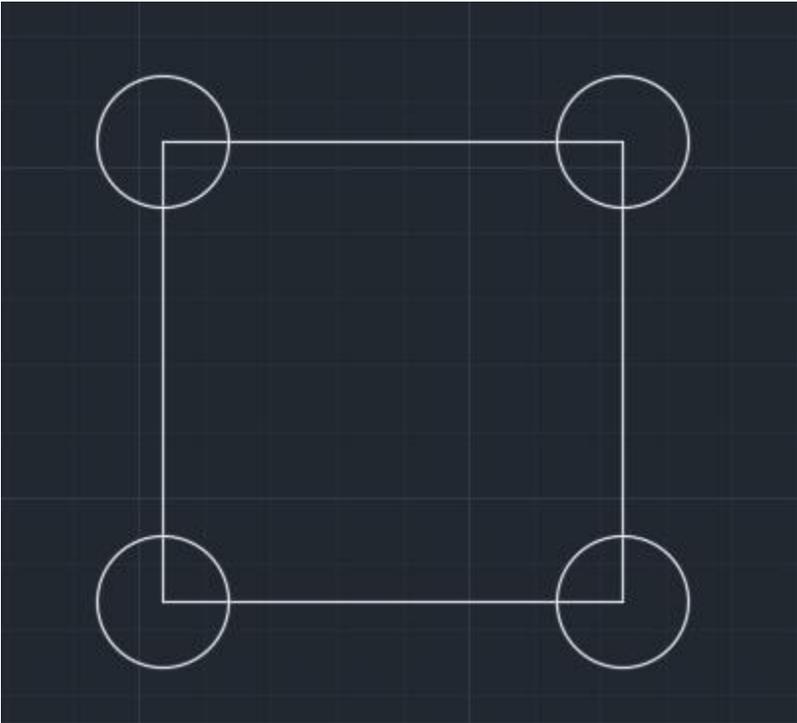


Figura 25: Base malla de SPT

Parámetros para exportar diseño base de malla puesta a tierra desde AutoCAD a Etap, como se visualiza en la Figura 26.

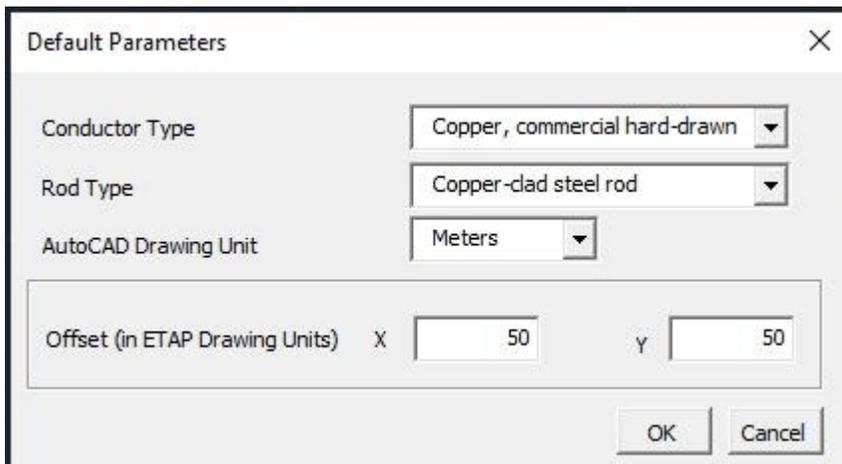


Figura 26: Parámetros a exportar

La configuración de este diseño se lo realiza por método finito en cual los parámetros de cálculo se encuentran ya establecidos por el programa Etap, mostrado en la Figura 27.

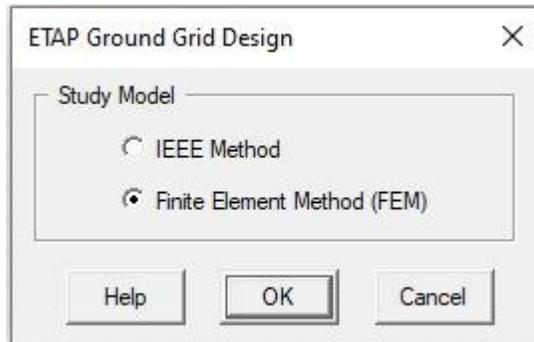


Figura 27: Parámetros por método finito

Se realiza la configuración para simulación con una capa de gravilla de 0.5 metros mostrado en Figura 28

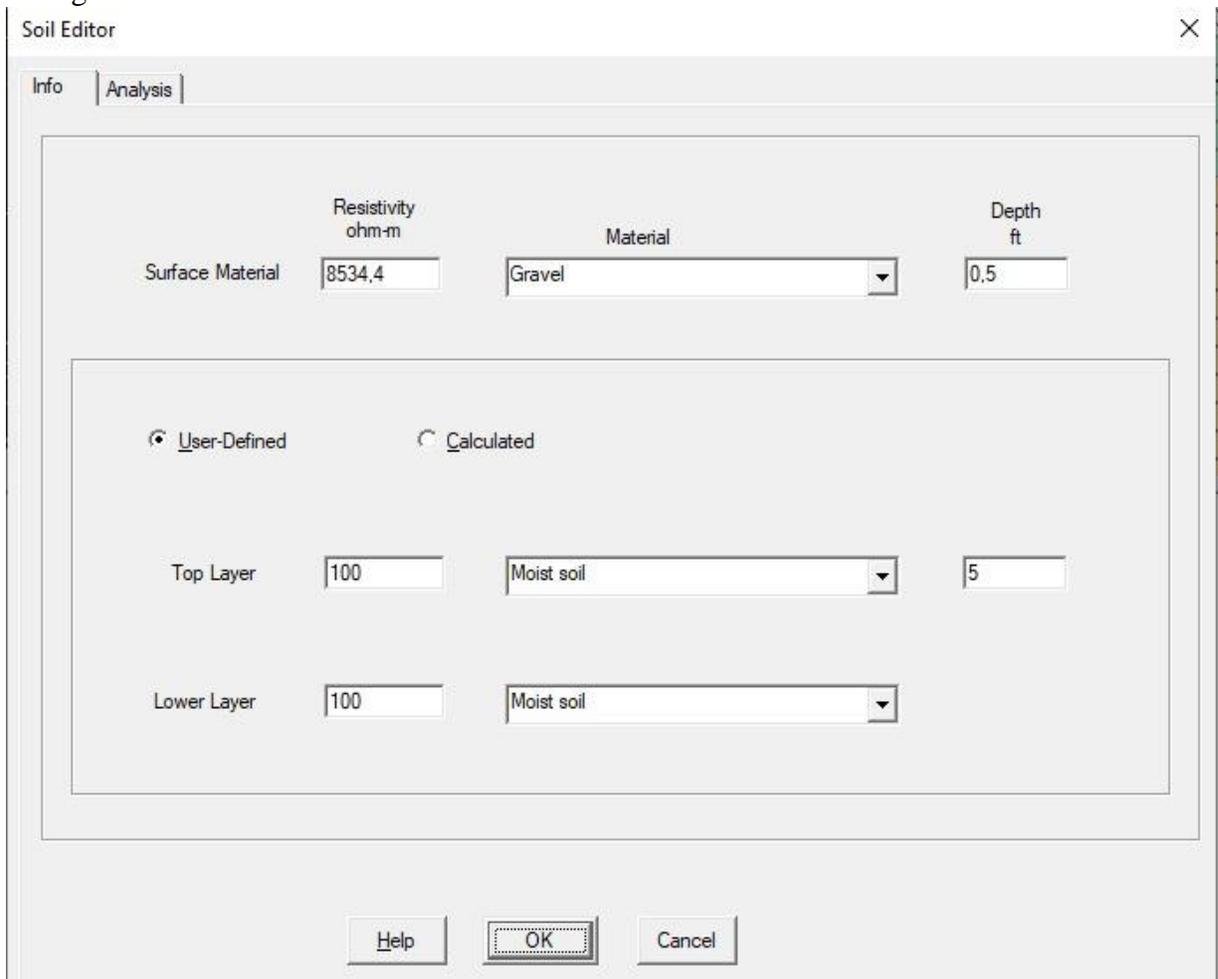


Figura 28: Simulación con capa de gravilla

Diseño de malla 3D evidenciado en programa Etap, mostrado en la Figura 29.

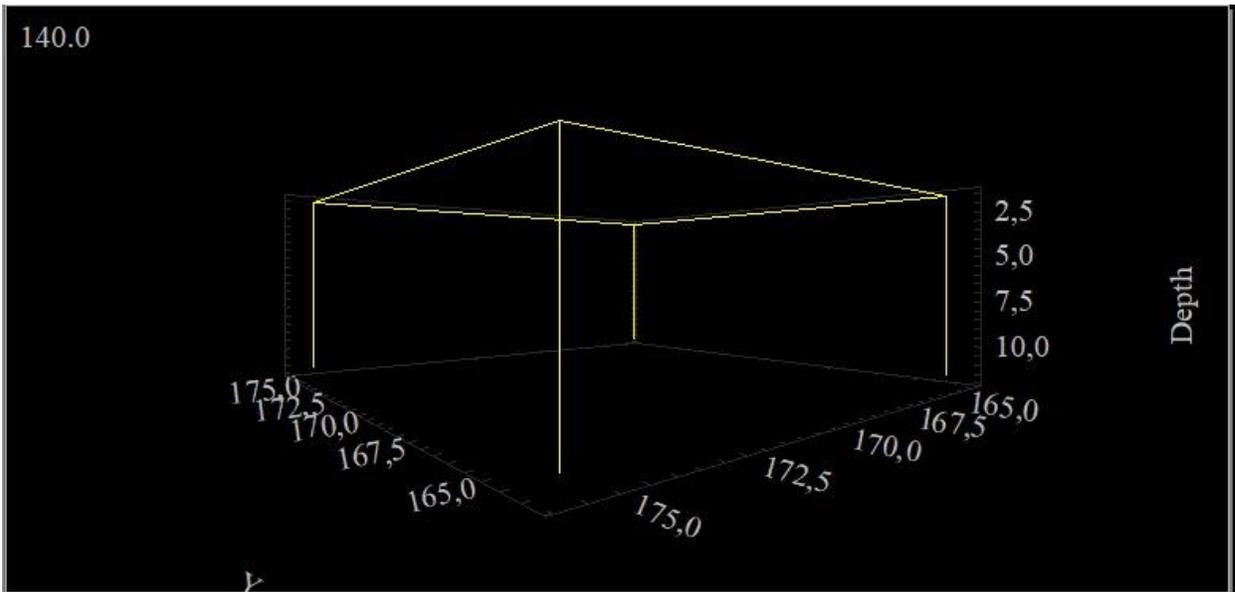


Figura 29: Simulación S.P.T.

Posterior a la configuración podemos verificar que los valores, mostrado en la Figura 30, de voltaje de paso y toque están dentro de los parámetros establecidos por el programa Etap. Por lo tanto se confirma que Si cumple la malla de puesta a tierra en nuestro simulador.

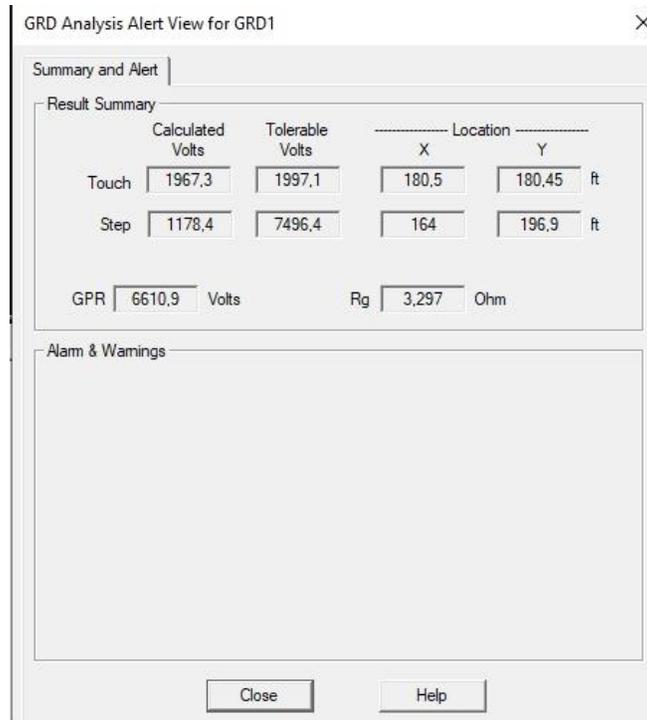


Figura 30: Verificación de valores

## 4. RESULTADOS

Posterior a la información obtenida y a los diseños y cálculos realizados con fundamento en normativas nacionales eh internacionales se identifican las soluciones para el proceso de implementación y mantenimiento de áreas a intervenir, las cuales se detallan a continuación.

#### 4.1 Obra Civil para acometidas existentes.

Se realiza la obra civil correspondiente con la finalidad de implementar ductos cumpliendo normativa de elaboración de pozos y ductos con sus respectivas reservas.

##### 4.1.1 Reconocimiento de soterramiento existente

Seguimiento real de conductores existentes mostrado en la Figura 31. Se puede evidenciar que se encuentra con un proceso de soterramiento sin ningún tipo de normativa.



Figura 31: Conductores existentes

#### 4.1.2 Pozos uso eléctrico

Reestructuración de pozos tipo A ( 60x60x75) basándonos en la normativa sección 2 del manual de construcción del Ministerio de Electricidad y Energía Renovables , mostrado en las Figura 32 y Figura 33, de tal forma se pueda tener accesibilidad a los conductores y sus reservas para fines de mantenimientos futuros.

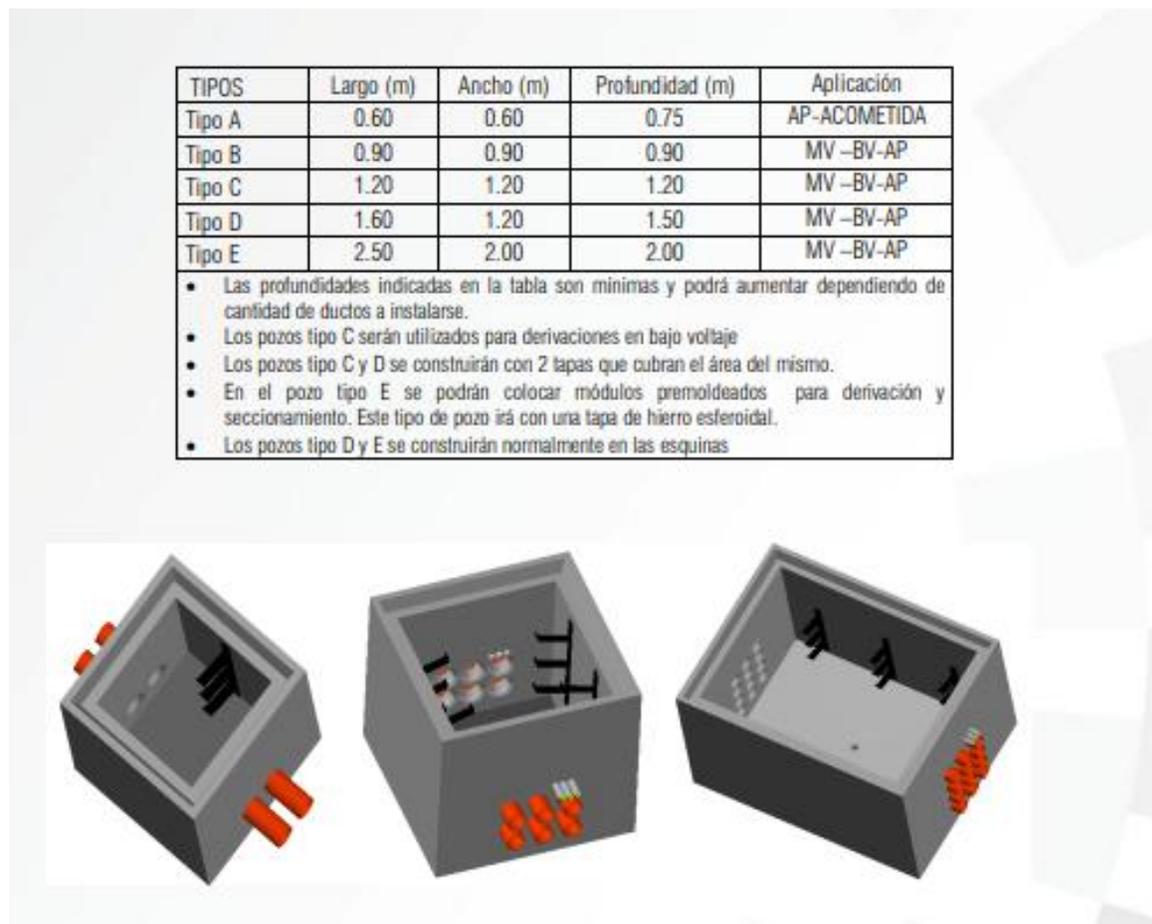


Figura 32: Normativa para pozos eléctricos



Figura 33: Apertura de zanja para SPT

#### 4.1.3 Canalización para acometidas soterradas

Se construye los pozos tipo A y se realiza el tendido de los ductos requeridos para el acondicionamiento de cableado existente como se ve en la Figura 34.



Figura 34: Tendido de ductos

#### 4.1.4 Relleno y compactación de canalización.

En esta etapa se realiza el relleno y compactación de canalización mostrado en la Figura 35, así como el sellado de rotura de acera con hormigón y la fundición de tapas para pozos eléctricos tipo A.



Figura 35: Relleno y compactación

#### 4.1.5 Correcciones finales de obras civiles

Se puede evidenciar en la Figura 36 que se realiza detalles adicionales para la mejora de la fachada cercana a nuestro tablero de distribución principal. Se realiza la elaboración de mocheta para ductos de ingreso a TDP, adicional de un chaflán de hormigón con la finalidad de proteger a ductos existentes con acometida para un bloque de aulas.



Figura 36: Finalización obra civil

## 4.2 Mantenimiento y reubicación de conductores soterrados existentes

### 4.2.1 Mantenimiento de empalmes

Antes del peinado e ingreso de conductores mostrado en la Figura 37 por sus respectivos ductos se realiza el mantenimiento de empalmes existentes aplicando limpia contacto eléctrico y utilizando cinta tipo auto fundente #23 3M y cinta aislante # 33+ 3M para que su durabilidad en pozos se extienda su vida útil y las propiedades de conducción de dicho cable.



Figura 37: Mantenimiento y revisión de tendido existente

#### 4.2.2 Instalación de acometidas existentes

Posterior al mantenimiento de conductores se realiza el peinado y cruce de acometidas como se muestra en la Figura 38 por sus ductos y por cada pozo nuevo.



Figura 38: Instalación de acometidas

#### 4.2.3 Señalética en pozos

Ya definido el cruce de las acometidas y el terminado y limpieza de los pozos de instala las tapas con su respectiva señalética de direccionamiento mostrado en la Figura 39.



Figura 39: Señalización

### 4.3 Instalación de acometidas aéreas

Considerando los cálculos referentes a los estudios de carga y caída de voltaje, se define las acometidas con un conductor tipo Antihurto Aluminio (2x4+1x4) y se procede a instalar el mismo considerando los respectivos elementos de anclaje para sistemas aéreos mostrado en Figura 40.



Figura 40: Instalación acometidas aéreas

### 4.3.1 Anclaje de acometidas

Se realiza la sujeción mediante perforación en muro como se indica en la Figura 41 instalando taco Fisher # 10 y con el anclaje de perno cáncamo de argolla cerrada para la sujeción de la pinza termoplástica de acometida.



Figura 41: Anclaje de acometidas

### 4.3.2 Conexión de acometidas

Al finalizar el tendido de las acometidas a cada uno de los puntos considerados se procede a realizar el ingreso y conexión en el centro de carga instalado en cada bloque correspondiente mostrado en la Figura 42.



Figura 42: Conexión centro de carga

#### 4.4 Mantenimiento de Tablero de Distribución Principal (TDP)

Una vez ya realizada la obra civil, el mantenimiento de las acometidas subterráneas y la instalación y conexionado de las acometidas aéreas, procedemos al mantenimiento del TDP existente como se observa en la Figura 43.



Figura 43: Mantenimiento de T.D.P.

#### 4.4.1 Limpieza general de bornes

Se realiza una limpieza general de bornes de conexión utilizando limpia contacto eléctrico con la finalidad de eliminar corrosión e impurezas existentes y dejar operativo el barraje del TDP, mostrado en la Figura 44.



Figura 44: Limpieza de bornes

#### 4.4.2 Peinado y conexión de circuitos

Continuamos con el ingreso, peinado y conexión de las acometidas aéreas como las acometidas subterráneas correspondientes a las diferentes cargas, mostrado en la Figura 45, de la unidad educativa Conocoto.

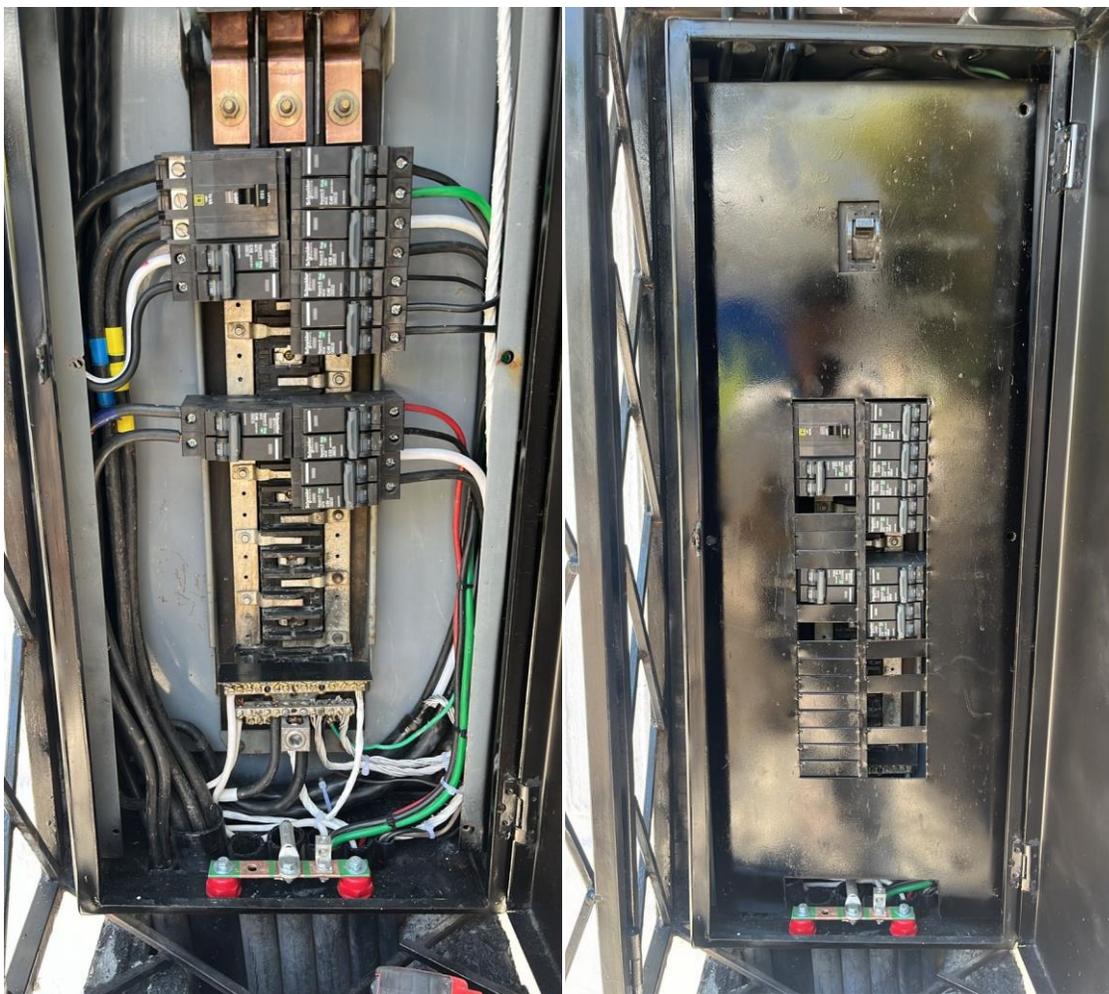


Figura 45: Peinado y conexión de circuitos

#### 4.4.3 Señalética y Etiquetado

Teniendo establecido el conexionado, verificando los reajustes necesarios de los elementos de protección y bornes de neutro y tierra. Empezamos con la colocación de etiquetas de advertencia visual y la identificación de circuitos de las acometidas correspondientes a cada área y bloque de la institución, como se evidencia en la Figura 46.



Figura 46: Señalética y etiquetado

#### 4.4.4 Revisión de voltajes

Una vez terminado los trabajos de conexionado se realiza una verificación de voltajes con carga en nuestro tablero de distribución principal y en las cajas térmicas conectadas mostrado en la Figura 47.



Figura 47: Revisión de voltajes

#### 4.5 Plan de mantenimiento

Plan de diseño actualizado que garantice una distribución adecuada de la carga y cumpla con las normativas de seguridad y eficiencia energética.

<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>						
DETALLE DE ACTIVIDAD	ACTIVIDAD DE FRECUENCIA	DIARIO	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
REVISION BLOQUEO CON LLAVES DE ACCESO A TABLEROS	Diario	x				
LIMPIEZA EXTERNA DE LOS TABLERO	Mensual		x			
REVISION VISUAL DE FUNCIONAMIENTO	Diario	x				
ANALISIS VISUAL DE ESTABILIDAD DEL SISTEMA	Diario	x				
REAJUSTE DE BORNES EN TDP	Trimestral			x		
MEDICIONES DE VOLTAJE Y CORRIENTES	Mensual		x			
VERIFICACION DE ADOSAMIENTO DE ACOMETIDAS AEREAS	Semestral			x		
REVISION Y LIMPIEZA INTERNA DE POZOS	Trimestral				x	
SOCIALIZACION DE RIESGOS CON ESTUDIANTES	Diario	x				
MEDICION DE SISTEMA PUESTA A TIERRA	Semestral				x	
ESTATUS GENERAL DE INSTALACIONES	Anual					x

#### 4.6 Proceso constructivo Sistema Puesta a Tierra (SPT)

##### 4.6.1 Canalización SPT

Luego de realizar mediciones iniciales de la resistividad del suelo y con los datos obtenidos se procedió a los cálculos de diseño en los programas AutoCAD y Etap se define la malla a elaborar para lo cual se da inicio a proceso constructivo de la misma, como se muestra en la Figura 48.



Figura 48: Proceso constructivo del S.P.T.

#### 4.6.2 Instalación de picas de alta camada

Se determina una profundidad de 0,50 m de canalización para la instalación de picas de (254 micras) 5/8 x 1.80 m en las 4 esquinas con una distancia entre ellas de 3,80 metros como se ve en la Figura 49.



Figura 49: Excavación de zanja

#### 4.6.3 Suelda exotérmica

Posterior a enterrar las picas a la base de la canalización de proceder a preparar el molde para suelda exotérmica y su respectiva suelda exotérmica con una carga de 115 gramos para su fundición y enlace compacto con nuestra varilla y cable de cobre como se ve en la Figura 50.



Figura 50: Suelda exotérmica

#### 4.6.4 Relleno y compactación de SPT

Una vez realizada la suelda exotérmica se procede a el cierre de la canalización de nuestra malla utilizando tierra tamizada para su mejor compactación y proceso de terminado mostrado en la Figura 51.



Figura 51: Relleno y compactación de zanja

#### 4.6.5 Mediciones finales.

Realizamos las mediciones finales con circuito abierto teniendo en cuenta la configuración de 3 picas con diferentes equipos de medición con la finalidad de corroborar y determinar que: la malla construida SI cumple como se indica en la Figura 52 y Figura 53.

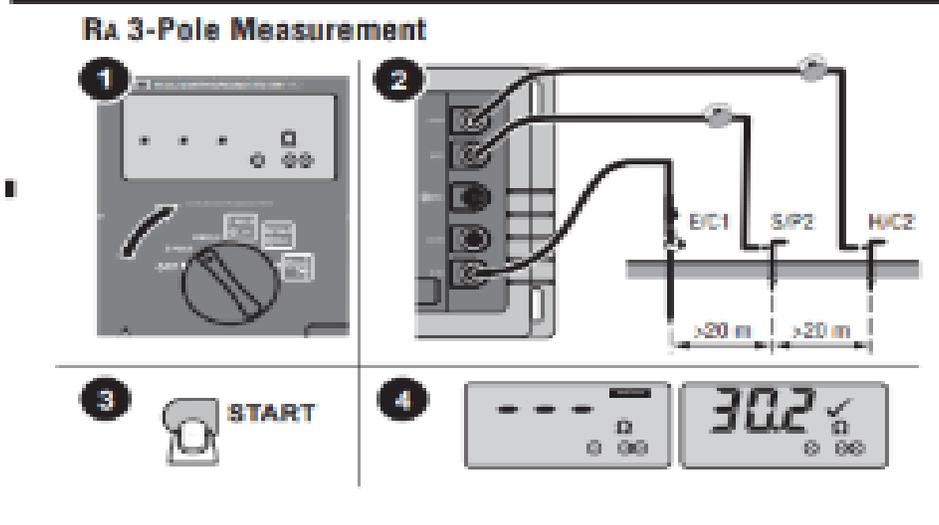


Figura 52: Instalación de telurómetro para medición



Figura 53: Medición final S.P.T.

#### 4.7 RESULTADOS GENERALES

**Seguridad Mejorada:** Reducción de riesgos eléctricos y mejora en la seguridad de los estudiantes y el personal.

**Eficiencia Energética:** Optimización del consumo de energía mediante un sistema actualizado y eficiente.

**Fiabilidad del Suministro:** Mayor continuidad en el suministro eléctrico y menor frecuencia de fallos.

**Cumplimiento Normativo:** Adherencia a las normativas vigentes en materia de instalaciones eléctricas y de puesta a tierra.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES

- El sistema eléctrico fue reconocido de manera puntual, los recorridos de las acometidas existentes, reconocimiento del tablero de distribución principal y sus derivaciones; con lo cual se validó los cambios a realizarse.
- A las acometidas existentes se les realizó un mantenimiento correctivo con la finalidad de cumplir su operación de manera eficiente.
- Se procedió con el mantenimiento del tablero de distribución principal, se identificó sus derivaciones, limpieza y finalmente se dejó operativo el sistema eléctrico con sus respectivas señaléticas.
- Se construyó la malla del sistema de puesta a tierra cumpliendo los parámetros normados para el funcionamiento eficiente complementario del sistema eléctrico.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda supervisión constante por parte de tutores responsables el no acercamiento o manipulación indebida en tableros eléctricos para evitar riesgos.
- Se recomienda dar seguimiento a parámetros eléctricos tales como: medición de voltajes y corrientes para garantizar el correcto tiempo de vida útil de los elementos eléctricos instalados.
- Socializar con los estudiantes la responsabilidad y cuidado hacia las instalaciones externas como internas para el bienestar propio.
- Se recomienda mantener orden y limpieza en el entorno cercano a los tableros tanto principal como secundarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Inter Electricas, (2020), “Fusible HH 16A 10-24 Kv”, recuperado el 31/07/2024 de <https://interelectricas.com.co/cortacircuitos-y-proteccion-contra-rayos/1699-fusible-hh-16a-10-24-kv.html#:~:text=10%2D24%20Kv-,Un%20fusible%20es%20un%20dispositivo%20el%20C3%A9ctrico%20hecho%20de%20un%20material,se%20presente%20una%20corriente%20excesiva.>

4s ingeniería, (2021), “fusible NH”, recuperado el 31/07/2024 de <https://www.4singenieria.com/fusibles/fusibles-nh-tamano-00-1-y-2/>

AutoSolar (2023), “Portafusibles”, recuperado el 01/08/2024 de <https://autosolar.es/portafusibles#:~:text=Las%20base%20portafusibles%20es%20un,segura%20en%20un%20sistema%20el%20C3%A9ctrico.>

Centelsa (2018), “CABLES TTU Cu”, recuperado el 01/08/2024 de [https://centelsa.com/cables\\_ttu/cables-ttu-cu-75c-2kv-pepvc/](https://centelsa.com/cables_ttu/cables-ttu-cu-75c-2kv-pepvc/)

Rio D., (9-junio-2013), “Interruptores de caja moldeada”, recuperado el 06/08/2024 de <https://www.terasaki.es/News/Files/PDF/Articulo%20Terasaki%20Electra%20junio%202013.pdf>

Eaton (2024), “¿Qué es un tablero de distribución eléctrico?”, recuperado el 06/08/2024 de <https://www.eaton.com/mx/es-mx/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/switchboards/switchboard-fundamentals.html#:~:text=Un%20tablero%20de%20distribuci%C3%B3n%20es,circuito%20en%20un%20gabinete%20com%C3%BAn.>

Suministro de materiales eléctricos (2023), “BREAKER BIPOLAR ENCHUFABLE”, recuperado el 06/08/2024 de <https://jdelectricos.com.co/breaker-bipolar-enchufable/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20breaker%20bipolar,la%20fase%20y%20el%20neutro.>

Soluciones en energía (2024), “¿Qué son los tableros de distribución?”, recuperado el 06/08/2024 de <https://rentadepantallas.com.mx/que-son-los-tableros-de-distribucion/#:~:text=Los%20tableros%20de%20distribuci%C3%B3n%20son,y%20otras%20de%20tipo%20correctivas.>

lifestyle, (noviembre, 2022), “ESTOS SON LOS BENEFICIOS DEL CABLEADO SOTERRADO”, recuperado el 06/08/2024 de <https://www.senderosdelbosque.cl/estos-son-los-beneficios-del-cableado-soterrado/>

ECUACABLE (2023), “CABLE SEU-ANTIURTO”, recuperado el 06/08/2024 de <https://www.ecuacable.ec/es/cable-se/>

García R. (06/2016), “El libro de oro de puesta a tierra universal”, recuperado el 06/08/2024 de <https://intensity.mx/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-la-puesta-tierra>

Electricistas.cl (2024), “Varillas de cobre electrolítico Copperweld”, recuperado el 06/08/2024 de <https://electricistas.cl/varillas-de-cobre-electrolitico-copperweld/#:~:text=Sistemas%20de%20Puesta%20a%20Tierra%3A%20Las%20varillas%20Copperweld%20se%20utilizan,y%20personas%20contra%20descargas%20el%C3%A9ctricas.>

Centelsa (2023), “Cobre Desnudo”, recuperado el 06/08/2024 de <https://www.centelsa.com/cobre-desnudo/>

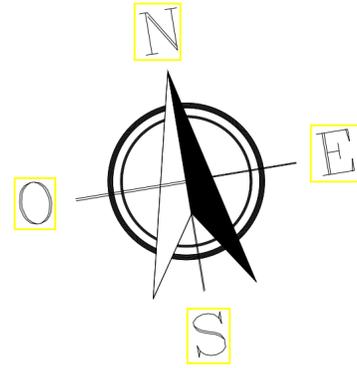
Tecnoweld (2019), “Soldadura Exotérmica”, recuperado el 06/08/2024 de <https://tecnoweld.com.co/productos-puesta-tierra-proteccion/soldadura-exotermica-thermoweld-cadweld/>

Difasel (2024), “Mejorador de suelo”, recuperado el 06/08/2024 de <https://difasel.com/index.php/product/mejorador-gel/>

## ANEXOS

# COLEGIO CONOCOTO RED EN BAJO VOLTAJE

35B



PERIODISTA JULIO ENRIQUE MORENO E7D

BLOQUE 1

ROSARIO DE ALCAZAR E8

TRP-100kVA

TDP-40P

BLOQUE 3

BLOQUE 2

CC-8P

CC-6P

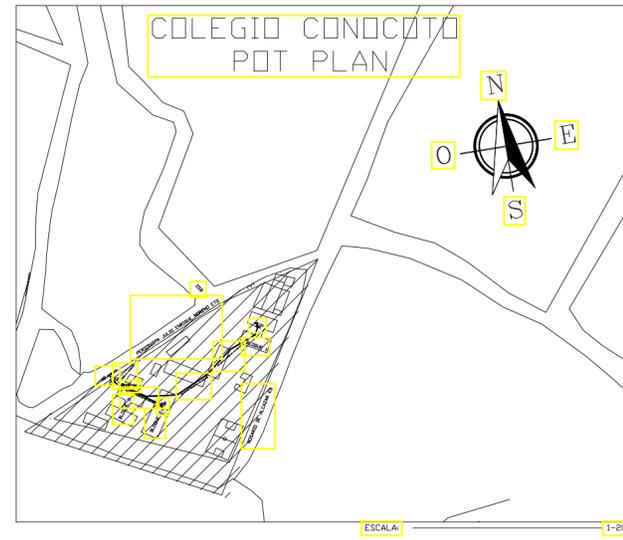
3X(2/C 2/0AWG (L) + 1C/2AWG (N))

2/C 4AWG (L) + 1C/4AWG (N) + 1C/ 6AWG (GND)

2/C 4AWG (L) + 1C/4AWG (N) + 1C/ 6AWG (GND)

2/C 4AWG (L) + 1C/4AWG (N) + 1C/ 6AWG (GND)

ESCALA: 1-20



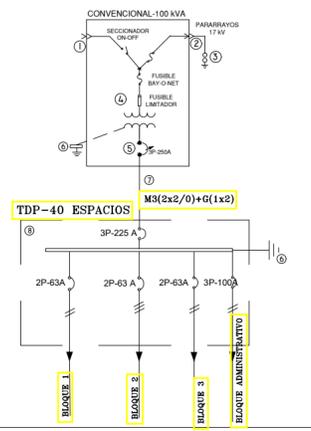
COLEGIO CONOCOTO  
POT PLAN



ESCALA: 1-200

## SIMBOLOGÍA

	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO EXISTENTE SOBRE ESTRUCTURA EN H, 22800 GRDY/ 110/220V /TIERRA
	PUERTA A TIERRA CON CABLE DESNUDO, 1C/ 1/0AWG, 4 PICAS 3.7UM POR CADA
	CENTRO DE CARGA BIFÁSICO DE 8 PUNTOS
	CENTRO DE CARGA BIFÁSICO DE 6 PUNTOS
	ACOMETIDA PRINCIPAL DESDE TRANSFORMADOR HASTA TDP-14P, 3X(2/C 2/0AWG) (L) + 1C/2AWG (N)
	ACOMETIDA SECUNDARIA DESDE TDP-14P HASTA CC-8P, 2/C 4AWG (L) + 1C/4AWG (N) + 1C/ 6AWG (GND) DESNUDO
	ACOMETIDA SECUNDARIA DESDE TDP-14P HASTA CC-6P, 2/C 4AWG (L) + 1C/4AWG (N) + 1C/ 6AWG (GND) DESNUDO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL TRIFÁSICO DE 40 PUNTOS



## LEYENDA\_1

- 1 RED MEDIO VOLTAJE 22.8 KV
- 2 PARARRAYOS
- 3 MALLADO DE PARARRAYO
- 4 TRANSFORMADOR RELACION 22.8 - 220/127 V
- 5 PROTECCIONES NH-1 250 A
- 6 SISTEMA PUERTA A TIERRA
- 7 ALIMENTADOR ACOMETIDA PRINCIPAL
- 8 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL
- 9
- 10

EMPRESA ELECTRICA "QUITO"	
DISEÑO: VICTOR ARIAS	COLEGIO CONOCOTO
DIBUJO: VICTOR ARIAS	CONOCOTO
REVISO POR EED:	CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
RECOMENDOS:	<b>RED EN BAJO VOLTAJE</b>
APROBADO POR EED:	TIPO DE INSTALACION: SUBTERRANEA VOLTAJE: 220/127 V.
FECHA: SEPTIEMBRE 2024	ESCALA: 1:1000 REFERENCIA: COLEGIO FISCAL CONOCOTO HOJA 1 DE 1
CÓDIGO:	OFICINA: ESTUDIOS DE DISTRIBUCION COORDENADA X: 781198.91 COORDENADA Y: 9966818.02 PROYECTO No. 9966818.02
	SUBESTACION: PRIMARIO: CONOCOTO 23H TRAMITE: