

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **IMPLEMENTACIÓN DE PUNTOS ELÉCTRICOS SEGUROS PARA PROTECCIÓN DE EQUIPO ELECTRÓNICOS SENSIBLES EN LA ESFOT-EPN**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: TECNÓLOGO ELECTROMECAÁNICO**

**GIOVANNY JAVIER APUNTE ERAZO**

[giovanny.apunte@epn.edu.ec](mailto:giovanny.apunte@epn.edu.ec)

**TANIA GERMANIA ESPAÑA YÉPEZ**

[tania.espana01@epn.edu.ec](mailto:tania.espana01@epn.edu.ec)

**DIRECTOR: ING. PABLO PROAÑO**

[pablo.proano@epn.edu.ec](mailto:pablo.proano@epn.edu.ec)

**CODIRECTOR: ING. CARLOS ROMO**

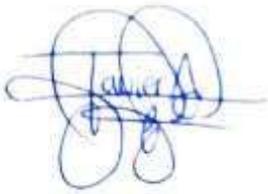
[carlos.romo@epn.edu.ec](mailto:carlos.romo@epn.edu.ec)

**QUITO, septiembre 2020**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Giovanni Javier Apunte Erazo y Tania Germania España Yépez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación - COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaremos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



-----  
**Giovanni Javier Apunte Erazo**



-----  
**Tania Germania España Yépez**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Giovanni Javier Apunte Erazo y Tania Germania España Yépez, bajo nuestra supervisión.

---

**DIRECTOR: Ing. Pablo Proaño C.**

---

**CODIRECTOR: Ing. Carlos Romo**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación se encuentra dedicado con mucho amor y agradecimiento a mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me han inculcado buenos valores y me han motivado constantemente para alcanzar mis anhelos.

**Giovanny Javier Apunte Erazo**

El presente proyecto de titulación se encuentra dedicado a mis padres quien con sus valores y principios me han ayudado a formarme como persona, a mi hijo quien ahora es la razón de mi vida y a mi compañero de vida quien es mi apoyo y fortaleza constante.

**Tania Germania España Yépez**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi primer agradecimiento se dirige a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado. Agradezco al cuerpo docente de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, quienes con su compromiso diario aportan para formar excelentes profesionales de carreras tecnológicas y finalmente a todos mi amigos y compañeros que de una u otra forma me apoyaron para lograr este sueño anhelado.

**Giovanny Javier Apunte Erazo**

Parece que nunca iba a terminar con esto, que empezó como un logro ajeno por ver sonreír a las personas que siempre estuvieron apoyándome y a pesar de todo confiaban en mí, mis padres y con el pasar del tiempo le fui cogiendo cariño a esta carrera y ahora ya terminando esta lucha constante que gracias a mi compañero de vida fue posible, mil gracias gordito por estar ahí apoyándome y ayudándome para al fin terminar con esta meta.

Mi más sincero agradecimiento a mis formadores quien me transmitieron sus conocimientos día tras día.

**Tania Germania España Yépez**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
1.4 Fundamento teórico.....	4
Voltaje transitorio.....	4
Tipos de sobretensiones transitorias.....	5
Sistema de protección eléctrica.....	6
Pirámide de estrategias de protección para una instalación eléctrica.....	6
Sistema de puesta a tierra.....	6
Dispositivos de protección contra sobrevoltajes (DPS/SPD/TVSS).....	7
Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).....	7
Funcionamiento del dispositivo de protección contra sobretensión DPS.....	7
Características técnicas principales de los DPS.....	8
Tipos de DPS.....	9
Niveles de exposición de los DPS.....	9
Mejorador de suelo para puesta a tierra.....	10
Características del mejorador de suelo.....	10
Calibre de conductores eléctricos.....	11
Aislamiento de cables eléctricos.....	12
Colores de los cables eléctricos para instalaciones eléctricas.....	13
Selección de breaker.....	13

Comprobador de interruptor diferencial .....	15
Telurómetro Megger.....	16
Suelda exotérmica .....	17
2. METODOLOGÍA.....	18
2.1 Descripción de la metodología usada .....	18
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	20
3.1 Requerimientos para la implementación de los puntos seguros de energía. ....	21
Dimensionamiento de los conductores.....	23
Calibre de alimentación del conductor del tablero secundario a cada rack .....	23
Calibre de cable de alimentación entre tablero principal y tablero secundario .....	27
Análisis de elementos de protección. ....	28
Selección de breaker para cada rack. ....	30
Selección del breaker para el tablero principal. ....	30
Selección de elementos supresores.....	30
3.2 Implementación del sistema de protección contra sobretensiones transitorias. ...	33
3.3 Mejoramiento del sistema de puesta a tierra .....	36
3.4 Pruebas y Análisis de resultados .....	39
Prueba de continuidad en el sistema.....	39
Comprobación del correcto funcionamiento del tomacorriente o DPS tipo 3 .....	40
Prueba de medición de voltaje y corriente en la alimentación.....	41
Prueba de medición de puesta a tierra.....	41
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
5. BIBLIOGRAFÍA .....	46
6. ANEXOS.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ocurrencia de transitorios en la onda de tensión .....	5
Figura 1-2 Pirámide de la calidad y continuidad de la energía .....	6
Figura 1-3 Instalación de un DPS equipo de protección contra sobretensiones. ....	8
Figura 1-4 Mejorador de suelo .....	10
Figura 1-5 Norma NEMA/ANSI .....	13
Figura 1-6 Comprobador de interruptor diferencial .....	15
Figura 1-7 Telurómetro Megger DET4TCR2 .....	17
Figura 1-8 Partes de la soldadura exotérmica .....	17
Figura 3-1 Tablero de protección zona 2. ....	20
Figura 3-2 Identificación de cables .....	22
Figura 3-3 Conductores eléctricos .....	27
figura 3-4. Diagrama eléctrico Unifilar.....	29
Figura 3-5 Supresor de voltaje transitorio tipo 3.....	30
Figura 3-6 Supresor de voltajes transitorios o DPS Tipo 2. ....	32
Figura 3-7 Tablero principal. ....	33
Figura 3-8 Trayectoria del cable en el interior del techo. ....	34
Figura 3-9 Placa del tablero de protecciones secundario. ....	34
Figura 3-10 Tablero de protecciones secundario. ....	35
Figura 3-11 Toma corriente o DPS tipo 3 funcionando en el rack. ....	36
Figura 3-12 Acople mecánico de la zona 2 .....	36
Figura 3-13 Proceso de soldadura parte 1. ....	37
Figura 3-14 Proceso de soldadura parte 2 .....	37
Figura 3-15 Medida inicial en Megger.....	38
Figura 3-16 Químico mejorador de suelo y mezcla .....	38
Figura 3-17 Dispositivo en comprobación de tomacorrientes. ....	40
Figura 3-18 Método de medición del telurómetro.....	42
Figura 3-19 Parte 1 medición de tierra. ....	42
Figura 3-20 Cortocircuito de los cables tierra y neutro .....	43
Figura 3-21 Método de medición. ....	43
Figura 3-22 Resultado de la medición. ....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Clasificación de los DPS .....	9
Tabla 1.2. Características del mejorador de suelo .....	11
Tabla 1.3. Calibre de los conductores por medio del área transversal y corriente nominal .....	12
Tabla 1.4. Tipos de Breakers de marca Schneider electric.....	14
Tabla 1.5. Indicador del comprobador de interruptor .....	16
Tabla 3.1. Longitudes del cableado .....	23
Tabla 3.2. Carga en vatios de los dispositivos electrónicos que se encuentran en el gabinete. ....	24
Tabla 3.3. Tabla de valores del calibre del conductor AWG con la utilización del criterio de caída de voltaje.....	27
Tabla 3.4. Características Eléctricas Del Tvss Tipo 3 .....	31
Tabla 3.5. Características Eléctricas Del DPS Tipo 2. ....	32
Tabla 3.6. Resultados de prueba de continuidad .....	39
Tabla 3.7. Resultados obtenidos de la prueba de voltajes y corrientes .....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Características del telurómetro marca Megger .....	49
Anexo 2. Plano general de puestas a Tierra Zona 2 .....	50
Anexo 3. Características eléctricas del TVSS Tipo 3 .....	51
Anexo 4. Características eléctricas del TVSS Tipo 2. ....	52
Anexo 5. Diagrama 2D de tablero de distribución secundario de Instalación. ....	53
Anexo 6. Mantenimiento General del proyecto .....	59

## **RESUMEN**

El presente documento tiene como objetivo presentar la solución al problema de la falta de puntos eléctricos seguros para la protección de equipos eléctricos y electrónicos sensibles, ya que en la actualidad las protecciones son sumamente importantes en cualquier instalación eléctrica ya sea residencial, comercial o industrial ya que permiten proteger de sobrevoltajes transitorios a los equipos eléctricos-electrónicos.

En la primera parte se detallaran algunos conceptos básicos sobre las protecciones eléctricas y sus componentes, para lo cual se ha recurrido a sitios web, libros, revistas y publicaciones. Con los conocimientos necesarios se determinó los requerimientos adecuados para el diseño y posterior implementación de protecciones eléctricas y puesta a tierra. El sistema de protección consta de en un dispositivo llamado DPS, el cual permitió controlar los niveles de sobrevoltajes transitorios perjudiciales para los equipos eléctricos-electrónicos sensibles.

Con la selección de los dispositivos se procedió con la instalación de los mismos.

Este sistema se implementó en la zona 2 detallada en el Anexo 2 de este documento, cumpliendo de esta manera con las normas técnicas de instalaciones eléctricas.

Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento de la instalación de todo el sistema para avalar su correcto funcionamiento, y así garantizar la protección de los equipos eléctricos-electrónicos sensibles acoplados a esta red.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a pesar de que la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) cuenta con algunos sistemas de protección eléctricos y puestas a tierra, estos no son suficientes para proteger a los equipos eléctricos y electrónicos sensibles, ya que no eliminan sobrevoltajes transitorios que se presentan por la mala calidad de energía eléctrica existente. Un voltaje transitorio puede alcanzar valores en el orden de decenas de kilovoltios y cuya duración es de microsegundos, esto puede llevar a la destrucción de cualquier equipo sensible que se encuentre conectado a la red. Debido a que el presente proyecto se encuentra dentro de los parámetros de mejora institucional, se crearon puntos eléctricos seguros para preservar el correcto funcionamiento de los equipos sensibles que se conecten a estos puntos. Para ello se instalaron supresores de voltaje DPS (Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias) de diferente tipo. Con el objeto de repotenciar el proyecto se mejoró los sistemas de puesta a tierra de las instalaciones que fueron intervenidas, de esta manera se garantiza una correcta eliminación de los voltajes transitorios que puedan afectar a los equipos.

Los puntos eléctricos seguros protegen a los equipos ubicados en los racks, los cuales son usados para la transmisión de voz y datos. Estos equipos tienen una sensibilidad mayor a sobre voltajes transitorios debido a que trabajan a diferentes voltajes y amperajes. Con este antecedente se usó dos tipos de supresores DPS; El primer DPS es de “tipo 2” (sistemas de protección principal para todas las instalaciones eléctricas de baja tensión), el cual se ubicó en el tablero secundario eléctrico. El segundo DPS es de “tipo 3”, éste posee una baja capacidad de descarga; por lo tanto, se encuentra instalado obligatoriamente como un complemento del DPS tipo 2 y cerca de cargas sensibles, por ello se lo ubicó en cada rack de comunicaciones.

Se realizó un mejoramiento actual del sistema de puesta a tierra mediante un tratamiento del suelo, logrando que el valor de la resistencia de la tierra se encuentre en las normas y reglamentos que garanticen la seguridad de las instalaciones eléctricas.

## 1.1 Planteamiento del problema

Las protecciones son sumamente importantes en cualquier instalación eléctrica ya sea residencial, comercial o industrial porque permiten proteger de sobrevoltajes transitorios a los equipos eléctricos y electrónicos permitiéndoles así alargar su vida útil de una forma segura. (Schneider Electric, 2017)

Debido a que en los predios de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional no se disponía de un sistema de protecciones eficiente para los equipos eléctricos y electrónicos (dispositivos usados para la transmisión de voz y datos ubicados en los racks), se planteó la implementación de puntos eléctricos seguros a través de un supresor de voltaje DPS (Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias) y a la vez de un sistema de puesta a tierra que cumpla con las condiciones de protección (Dns-system, 2016). Esta combinación de sistemas garantizará el correcto funcionamiento y seguridad de dichos equipos.

Se observa entonces caídas de tensión peligrosas, causadas por descargas de voltajes transitorios, los cuales pueden alcanzar valores muy altos en decenas de kilovoltios y cuya duración es de microsegundos (CNFI, 2018), por ende, se puede llegar a un daño completo de los equipos sensibles que se encuentren conectados a esta red por el alto contenido de energía. En las anteriores instalaciones eléctricas de la ESFOT, otro inconveniente que da paso a la presencia de perturbaciones eléctricas es el incorrecto sistema de puesta a tierra, lo que puede llevar a problemas y daños de los equipos eléctricos y electrónicos. Por ello fue de vital importancia dotar a todas las instalaciones eléctricas de un correcto sistema de puesta a tierra, el cual garantice la seguridad personal y la seguridad de los equipos vulnerables, ante fallas de cualquier naturaleza. (Atew.com, 2018)

## 1.2 Justificación

El presente proyecto beneficia al personal administrativo, docente y estudiantil de la ESFOT, ya que mantiene en continuo y eficiente funcionamiento de los dispositivos usados para la transmisión de voz y datos instalados en los diferentes racks, evitando daños en los equipos y la interrupción de sus servicios.

Con el presente proyecto se solucionó los problemas antes mencionados, para ello se realizó el mejoramiento del sistema de puesta a tierra existente, el cual permite enviar a tierra los sobrevoltajes transitorios. Este proyecto está orientado principalmente a la seguridad de los equipos instalados en los racks informáticos que posee la ESFOT (Cirprotec.com, 2017). Específicamente el alcance de este proyecto comprende la zona 2 que se encuentra ubicada en el área que se muestra en el plano adjunto del Anexo 2 de este documento.

El sistema de protección consta de un dispositivo contra sobretensiones denominado DPS (Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias), que suprime de manera instantánea las sobretensiones, enviando el exceso de voltaje a tierra de forma que el equipo a proteger no reciba ningún sobrevoltaje transitorio (Atew.com, 2018).

Para el correcto funcionamiento de los DPS es necesario tener un eficaz sistema de puesta a tierra, ya que este es el medio por donde se descargan las sobretensiones. En la zona 2 se realizó un mejoramiento del sistema actual de puesta a tierra mediante un tratamiento del suelo, logrando que el valor óhmico de la resistencia del sistema de puesta a tierra se encuentre dentro de las normas y reglamentos que garanticen la seguridad de las instalaciones eléctricas. (electricaplicada.com, 2017)

Para realizar la medición de la resistencia de la puesta a tierra a intervenir, se aplicó la norma técnica NEC.250.56 “Norma Ecuatoriana de Construcción” - instalaciones eléctricas, la cual especifica que: “la impedancia del sistema de puesta a tierra en instalaciones con equipos sensibles debe ser de 5 ( $\Omega$ ), o menos”. (Sandoya, 2018)

Para la selección de los DPS (Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias), se aplicó la norma técnica NEC2011-CAP15 “Instalaciones Eléctricomecánicas-2013”. (Ecp.ec, 2013)

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Implementar puntos de energía seguros para protección de equipo electrónico en la ESFOT-EPN (ZONA 2).

#### **Objetivos específicos**

- Definir los requerimientos necesarios para la implementación de los puntos de energía seguros.
- Implementar el sistema de protección contra sobretensiones transitorias.
- Mejorar el sistema de puesta a tierra en la ESFOT (ZONA 2).
- Realizar pruebas y análisis de resultados.

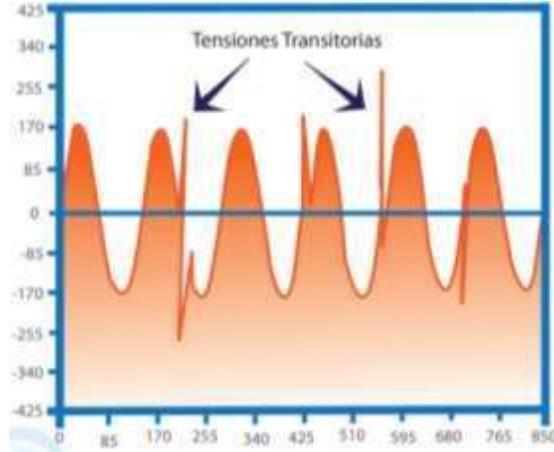
### **1.4 Fundamento teórico**

#### **Voltaje transitorio**

Se considera un voltaje transitorio a la variación o cambio de corta duración de un nivel de tensión o de señal no deseada en computadoras y equipos electrónicos. Este cambio o variación de tensión puede ocasionar inconvenientes en el funcionamiento de los equipos conectados e inclusive el daño total de estos. (López, 2006)

Los transitorios son perturbaciones o fenómenos de corta duración, que poseen una magnitud superior a la tensión nominal pico de la red eléctrica; entre mayor sea la magnitud del transitorio, mayor es la posibilidad de ocasionar algún daño severo en los equipos electromecánicos sensibles.

En la Figura 1-1 se muestran varios transitorios con una frecuencia superior a los 60 (Hz) de la onda senoidal de tensión y algunos de ellos con una magnitud que supera el valor pico de la señal. (CNFI, 2018)



**Figura 1-1** Ocurrencia de transitorios en la onda de tensión (CNFI, 2018)

### **Tipos de sobretensiones transitorias**

Existen dos tipos de sobretensiones transitorias que pueden afectar a las cargas conectadas en una instalación eléctrica:

**Sobretensiones de origen atmosférico:** son aquellas sobretensiones que se presentan por la caída directa o indirecta de un rayo. Éstas se presentan con frecuencia en épocas de invierno cuando prevalece las lluvias, lo que ocasiona un riesgo grave tanto para las personas como para los equipos.

**Sobretensiones de maniobra:** son aquellas sobretensiones que se presentan por un cambio súbito en las condiciones normales de funcionamiento de una red eléctrica. Este fenómeno se produce principalmente por cambios bruscos o desconexión de cargas inductivas (transformadores, motores), o debido a un encendido o interrupción de dispositivos de conmutación. La sobretensión de maniobra no tiene un pico alto, pero ésta es la más habitual en una red eléctrica ya que produce la mayoría de los problemas de mal funcionamiento en equipos delicados. (Blogspot.com, 2016)

## Sistema de protección eléctrica

Los sistemas de protección son aquellos que se encuentran implementados en los sistemas eléctricos de alta y baja tensión permitiendo incorporar funciones automáticas de inspección, impidiendo así la pérdida o daño de aparatos o equipos sensibles conectados a la red. Una protección eléctrica representa una gran mejora de fiabilidad y seguridad.

Estos sistemas de protección eléctrica tienen como objetivo aislar la parte donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible a red, limitar el daño al equipo fallado, prolongar la vida útil del dispositivo afectado, reducción de la probabilidad de un incendio, disminución del riesgo para los individuos y disminución del peligro de deterioro de los aparatos eléctricos sensibles. (Montané, 1993)

## Pirámide de estrategias de protección para una instalación eléctrica

En Figura 1-2 se muestra el triángulo de calidad de energía, mediante el cual se puede seleccionar el adecuado sistema de protección:



**Figura 1-2** Pirámide de la calidad y continuidad de la energía  
(E-cotisa.com, 2018)

## Sistema de puesta a tierra

Es un sistema de protección eléctrica que representa un mecanismo de seguridad, el cual es el encargado de conducir eventuales desvíos de corrientes parásitas hacia la tierra mediante un conductor eléctrico, para ello es necesario disponer de una baja resistividad

en dicho sistema, esto protegerá que el usuario y equipos electrónicos sensibles entren en contacto con la electricidad. (E-cotisa.com, 2018)

### **Dispositivos de protección contra sobrevoltajes (DPS/SPD/TVSS)**

Son dispositivos que se seleccionan en el segundo nivel de la pirámide de la calidad y continuidad de la energía, éstos permiten reducir la magnitud de eventos que presentan picos de voltaje de corta duración.

### **Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)**

Los UPS se encuentran ubicados en el tercer nivel de la pirámide y constituyen una fuente de suministro eléctrico conformado por baterías. Los dispositivos eléctricos-electrónicos conectados a los UPS tendrán energía eléctrica por un tiempo limitado en caso de falla de la red de distribución suministrada por el proveedor. (Milad, 2015)

Para seleccionar un UPS es necesario conocer algunos parámetros eléctricos de funcionamiento como son los siguientes:

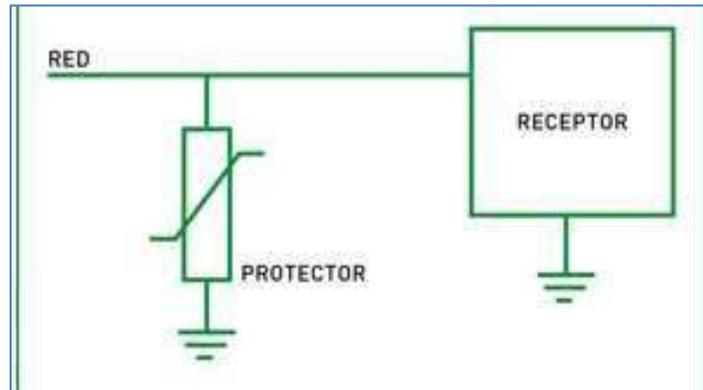
- Consumo de potencia máxima en vatios, también conocida como carga de los equipos a ser respaldados.
- Tiempo deseado de respaldo. Para ello se tomará en cuenta el consumo de potencia de todos los equipos que se conectarán al UPS a seleccionar.

Se recomienda adicionar un margen extra del 15% de la carga calculada para no sobrecargar el sistema UPS y que funcione de manera eficaz. (SYSCOM, 2017)

### **Funcionamiento del dispositivo de protección contra sobretensión DPS**

Dispositivo que permite la protección contra sobretensiones transitorias. Este actúa como un conmutador controlado por tensión. Se encuentra ubicado entre los conductores activos y tierra en paralelo a los equipos a proteger. El DPS opera cuando la tensión de la red eléctrica es inferior a su tensión de activación, el protector actúa como un elemento de alta impedancia, de forma que por él no circula intensidad. Por el contrario, cuando la tensión de red es superior a la tensión de activación, el protector actúa como un elemento

de impedancia próxima a cero, derivando la sobretensión a tierra y evitando que ésta afecte a los receptores. En la Figura 1-3 se observa la conexión de un DPS. (San Miguel, 2010)



**Figura 1-3** Instalación de un DPS equipo de protección contra sobretensiones.

(Cirprotec.com, 2019)

Los DPS se basan en una tecnología y diseño de construcción de un varistor (MOV), este tipo de varistores son resistencias dependientes de voltaje. La construcción se basa en dos placas de metal con un material de resistencia intercalado entre ellas. El material de resistencia es principalmente (alrededor del 90%) de óxido de zinc (ZnO) con algunos otros materiales de relleno para formar uniones entre los granos de ZnO similar a la cerámica. Este tipo de características permiten que este varistor sea muy efectivo en la absorción de transitorios de voltaje y brinda a los dispositivos la capacidad de operar altos niveles de energía en un tamaño pequeño. (Redeweb.com, 2019)

### **Características técnicas principales de los DPS**

Las características principales para la selección de un DPS son las siguientes:

**$I_{max}$  (Intensidad máxima de descarga):** Corriente de cresta máxima, por fase, en onda 8/20 ( $\mu s$ ) que el dispositivo de protección es capaz de soportar.

**$I_n$  (Corriente nominal):** representa una corriente de descarga nominal, el valor máximo de forma de onda es de 8/20  $\mu s$  que el DPS puede descargar como mínimo 19 veces.

**VPR (Nivel de protección en tensión):** Por sus siglas en inglés Voltaje Protección Rating, indica el máximo valor de tensión residual entre los bornes del dispositivo de protección durante la aplicación de una corriente de cresta  $I_n$ .

**MCOV (Tensión máxima de servicio):** Por sus siglas en inglés Maximum Continuous Operation Voltage, indica la máxima tensión eficaz o en corriente continua que puede aplicarse de forma permanente a los bornes del dispositivo de protección.

### Tipos de DPS

Se basa en la zona de ubicación a nivel eléctrico como se muestra en la Tabla 1.1. Clasificación de los DPS.

**Tabla 1.1.** Clasificación de los DPS

<b>DPS tipo 1</b>	<b>DPS tipo 2</b>	<b>DPS tipo 3</b>
Este tipo de DPS se encuentra ubicado en las partes de la instalación sujetas a los impulsos transitorios externos ya que logra descargar la corriente de retorno desde el punto de falla hacia el punto de tierra.	Este tipo de DPS se encuentra ubicado en instalaciones eléctricas de baja tensión sujetas a impulsos-transitorios generados-externamente, así como a transitorios de origen-interno, ocasionados por la conmutación de motores y maquinaria de producción.	Este tipo de DPS se encuentra ubicado en la protección directa a la carga, es decir, en las salidas de tomacorrientes.

(Cirprotec.com, 2019)

### Niveles de exposición de los DPS

De acuerdo con cada tipo de DSP existe un tipo de exposición:

**Exposición baja:** son todas aquellas Instalaciones situadas en áreas geográficas con una actividad isoceráunica baja y/o con pocas conmutaciones de baterías de condensadores y otras cargas. En la exposición baja se usa un DPS tipo 3. (Cirprotec.com, 2019)

**Exposición media:** son todas aquellas instalaciones situadas en áreas geográficas con una actividad isoceráunica media y/o con un número significativo de transitorios generados por conmutación. En la exposición media se usa un DPS tipo 2.

**Exposición alta:** Instalaciones con un nivel de exposición superior al descrito en las dos categorías anteriores. Ésta es el resultado de una importante actividad isoceráunica y/o de un nivel inusualmente elevado de transitorios generados por conmutación. En la exposición alta se usa un DPS tipo 1.

#### **Mejorador de suelo para puesta a tierra**

Es un gel que se combina con la tierra a tratar para que el suelo mejore su resistividad. De esta manera, el suelo permite a la corriente su fácil descarga en caso de sobrevoltajes y sobrecorrientes. La Figura 1-4 muestra un mejorador de suelo.



**Figura 1-4** Mejorador de suelo (Fuente Propia)

#### **Características del mejorador de suelo**

La Tabla 1.2 Muestra las características que presenta el mejorador de suelo.

**Tabla 1.2.** Características del mejorador de suelo

<b>Mejora</b>	La conductividad eléctrica del suelo gracias a sus excelentes componentes que ayudan a la absorción y retención del agua.
<b>Minimiza</b>	La corrosión del suelo, logrando una igualdad de humedad del suelo de la puesta a tierra.
<b>Agiliza</b>	La compactación del suelo de la puesta a tierra permitiéndole una efectividad al paso de corriente.

(Fuente Propia)

### **Calibre de conductores eléctricos**

**Conductor eléctrico:** Es un cable que permite conducir electricidad. Existen dos tipos de material de conductores eléctricos: cobre (Cu) y aluminio (Al) (por su alto grado de conductividad). Otra característica de un conductor eléctrico es el aislamiento que recubre al conductor, el cual se encarga que la corriente eléctrica no se fuge del conductor garantizando el transporte de corriente de principio a fin. (Cerde, 2017)

**Calibre:** Es la sección del conductor medida en milímetros de diámetro o área transversal del conductor y comparada con un patrón universal A.W.G. (American Wire Gauge), el cual es el sistema más utilizado en América Latina. Este sistema A.W.G. compara la sección con la capacidad de corriente eléctrica en amperios y da como resultado un calibre A.W.G. la tabla 1.3 indica se indica el calibre del conductor en base al área transversal y corriente nominal. (Mas voltaje , 2016 )

**Tabla 1.3.** Calibre de los conductores por medio del área transversal y corriente nominal

<b>Calibre mínimo del conductor para ducterías y equipos</b>		
<b>Corriente nominal (A)</b>	<b>Sección transversal Conductor de cobre N°</b>	
	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>AWG</b>
15	2.08	14
20	3.3	12
30	5.25	10
40	5.25	10
60	5.25	10
100	8.36	8
200	13.29	6
300	21.19	4
400	26.66	3
500	33.62	2
600	42.20	1
800	53.50	1/0
1000	67.44	2/0
1200	85.02	3/0
1600	107.21	4/0

(Mas voltaje , 2016 )

### **Aislamiento de cables eléctricos**

Es el recubrimiento de un material aislante que todos los conductores eléctricos poseen para protección entre conductos continuos y evitar cortocircuitos.

Para identificar el tipo de aislamiento que tiene un cable, se utiliza las siguientes abreviaciones en inglés: THN, THW, THHW y THWN. El significado de estas abreviaturas es el siguiente:

- - T (Thermoplastic):** Aislamiento termoplástico (este lo tienen todos los cables).
- - H (Heat resistant):** Resistente al calor hasta 75° centígrados (167° F).
- - HH (Heat resistant):** Resistente al calor hasta 90° centígrados (194° F).
- - W (Water resistant):** Resistente al agua y a la humedad.
- - LS (Low smoke):** Este cable tiene baja emisión de humos y bajo contenido de gases contaminantes.

**6- SPT (Service parallel thermoplastic):** Esta nomenclatura se usa para identificar un cordón que se compone de dos cables flexibles y paralelos con aislamiento de plástico y que están unidos entre sí. También se denomina cordón dúplex. (Mas voltaje , 2016 )

### Colores de los cables eléctricos para instalaciones eléctricas.

La norma NEMA es la encargada de asignar el código de colores de las instalaciones eléctricas. Un código de colores estándar permite optimizar recursos y trabajo, y evitar futuros accidentes. A continuación, en la Figura 1-5 se observa la norma NEMA/ANSI (americana).

SISTEMA	1 $\Phi$	1 $\Phi$	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ $\Delta$	3 $\Phi$ $\Delta$ -	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ $\Delta$	3 $\Phi$ $\Delta$
TENSIONES NOMINALES (Voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/440	480/440	Mas de 1000 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro trifásico	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Gris	No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica

Figura 1-5 Norma NEMA/ANSI (americana)

### Selección de breaker

Para la selección de este dispositivo (breaker) es necesario tomar en cuenta su capacidad de corriente, voltaje y número de polos como se observa en la Tabla 1.4.

**Tabla 1.4.** Tipos de Breakers de marca Schneider electric

NUMERO DE POLOS	CORRIENTE NOMINAL (A)	NUMERO DE REFERENCIA	
		NULTI 9	ACTI 9
1	0.5	24067	A9F74170
	1	24395	A9F74101
	2	24396	A9F74102
	3	24397	A9F74103
	4	24398	A9F74104
	6	24399	A9F74106
	10	24401	A9F74110
	16	24403	A9F74116
	20	24404	A9F74120
	25	24405	A9F74125
	32	24406	A9F74132
	40	24407	A9F74140
	50	24408	A9F74150
	63	24409	A9F74163

(Schneider Electric, 2017)

## Comprobador de interruptor diferencial

Es un dispositivo utilizado para comprobar que un tomacorriente esté conectado a su salida correctamente, en la Figura 1-6 se muestra este verificador, el mismo que realiza un conjunto completo de pruebas con solo conectar al tomacorriente. Finalmente, este tester cuenta con tres luces, cada luz es un indicador de conexión, como se observar en la Tabla 1.5. (all-sun, 2019)



**Figura 1-6** Comprobador de interruptor diferencial

(all-sun, 2019)

**Tabla 1.5.** Indicador del comprobador de interruptor

<b>R</b> 	<b>G1</b> 	<b>G2</b> 	<b>Indicador de la luz encendida</b>	<b>Significado del diagrama interno del comprobador</b>	<b>Resultado</b>
			Verde Encendido	Fase + Neutro correctos	Tierra correcta
			Rojo Encendido	Fase + Neutro Invertidos	Tierra correcta
			Verde y Rojo Encendidos	Fase + Neutro correctos	Sin puesta a Tierra
			Verde y Rojo Encendidos	Fase + Neutro invertida	Tierra invertida
			Todos apagados	Fase abierta	Tierra abierta
			Verde encendido	Fase + Neutro invertida	Tierra abierta
			Verde encendido	Neutro abierto	Tierra correcta

(Fuente propia)

### **Telurómetro Megger**

Es un instrumento que realiza la medición de la resistencia de la tierra en ohmios. Este dispositivo permite conocer la conductividad del suelo para transportar todas las fugas de sobrevoltajes al suelo como se puede observar en la Figura 1-7 (AMAZON, 2019)



**Figura 1-7** Telurómetro Megger DET4TCR2 (AMAZON, 2019)

Las especificaciones del telurómetro Megger DET4TCR2 se especifica en el Anexo 1 (AMAZON, 2019)

### **Suelda exotérmica**

Es un proceso por medio del cual se consigue la unión molecular de dos o más conductores metálicos mediante una reacción química. Esta unión molecular mejora la perdurabilidad de las propiedades mecánicas, eléctricas y relativas a la corrosión respecto a cualquier unión mecánica. La soldadura exotérmica es el método más usado para realizar conexiones permanentes, fiables y de alta conductividad en cualquier instalación que requiera una puesta a tierra. La Figura 1-8 muestra los componentes de la soldadura exotérmica. (SOLDEXEL, 2020)



**Figura 1-8** Partes de la soldadura exotérmica. (SOLDEXEL, 2020)

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Descripción de la metodología usada**

El punto de partida del presente proyecto consistió en la revisión de las instalaciones eléctricas actuales existentes, con esto se logró constatar el estado de funcionamiento de dichas instalaciones y las características que presenta el tablero eléctrico. También se realizó la ubicación del sistema de puesta a tierra correspondiente a la zona 2 detallado en el Anexo 2 de este documento, esto permitió la verificación de su estado de funcionamiento. Para finalizar este punto se realizó el reconocimiento y ubicación de cada uno de los racks correspondientes a la zona 2 detallado en el Anexo 2 de este documento.

Como siguiente punto se realizó una investigación sobre dispositivos de protección contra voltajes transitorios que permitan proteger a los equipos electrónicos. Esta investigación dio como resultado la utilización y adquisición de los DPS el tipo 2 y del tipo 3, los cuales requieren de una conexión en cascada para proteger a dichos equipos.

Adicionalmente, se realizó el dimensionamiento de los elementos y dispositivos de protección necesarios para la instalación.

Como tercer punto, se realizaron los cálculos para determinar el calibre de los conductores, tanto para la alimentación del tablero de protección como sus circuitos derivados. Fue necesario realizar esquemas unifilares de los circuitos a implementar, y planos de la nueva instalación eléctrica correspondiente a la zona 2 detallado en el Anexo 2 del mismo documento.

Una vez que se especificaron todos los elementos y dispositivos de protección se realizó el esquema del sistema de protección, para ello se procedió con el tendido de cables del circuito de alimentación hacia el tablero secundario, circuitos derivados hacia cada racks y montaje DPS.

Para la realización del mejoramiento del sistema de puesta a tierra existente se realizó la preparación del terreno empleando un mejorador químico, esto permitió conseguir un valor óhmico de resistencia adecuada, para así tener un correcto drenaje de las corrientes de falla y sobretensiones.

Como parte final del proyecto se realizó el análisis y las observaciones de los puntos de energía seguros en base a un multímetro que permite la verificación de las polaridades tanto de la fase, el neutro y tierra. Ésta prueba se realizó en un tomacorriente, el cual se encuentra constituido por el DPS de tipo 3, permitiendo verificar su correcto funcionamiento. También se realizó la comprobación de caídas de voltaje en cada circuito ramal. Finalmente, se realizó la medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra, con los valores obtenidos se logró la evaluación del funcionamiento del sistema de protección.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El trabajo final consta de la protección de tres zonas específicas que son: los laboratorios de microprocesadores 23-B, laboratorio 22-A y laboratorio 22-B. Los mismos que corresponden a la Zona 2 de la ESFOT. En el Anexo 1 se muestra el plano detallado de la Zona 2 y sus lugares de protección.

La zona 2 se encuentra protegida por un tablero eléctrico secundario. La Figura 3-1 muestra dicho tablero.



**Figura 3-1** Tablero de protección zona 2. (Fuente Propia)

**El tablero eléctrico cuenta con los siguientes dispositivos de protección:**

- 1.- Breaker monofásico de 25 (A) de protección del DPS
- 2.- DPS
- 3.- Breaker monofásico de 16 (A) del Laboratorio de Microprocesadores
- 4.- Breaker monofásico de 16 (A) del laboratorio 22-A
- 5.- Breaker monofásico de (16) del laboratorio A 22-B
- 6.- Barra de tierra
- 7.- Barra de neutro

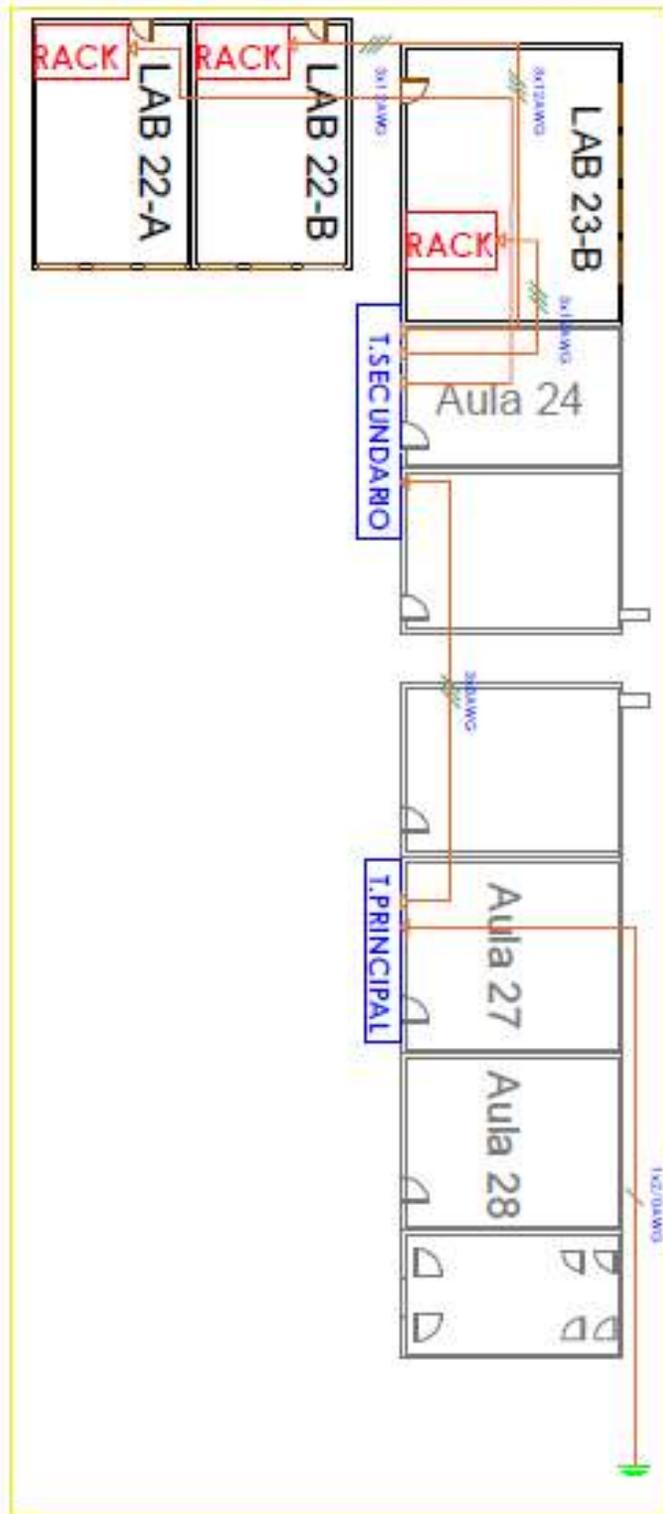
### **3.1 Requerimientos para la implementación de los puntos seguros de energía.**

Se realizó la inspección del sistema eléctrico de la Zona 2, principalmente del suministro y distribución que actualmente se encuentran conectados los racks de la ESFOT.

Se verificó el tablero principal de suministro eléctrico perteneciente a la Zona 2, el cual se detalla en el Anexo 2. Este tablero está compuesto por fase, neutro y tierra, adicional en este tablero existen breakers que energizan distintos puntos de la ESFOT.

Se ubicó el sistema de puesta a tierra existente permitiendo de esta manera determinar los requerimientos y condiciones necesarias para desarrollar el presente proyecto.

Se realizó un análisis de los puntos a proteger, los cuales alimentan: el laboratorio de microprocesadores 23-B, laboratorio 22-A y laboratorio 22-B. En la visita se realizó la toma de dimensiones y recorridos del cableado eléctrico, considerando entre ellos: la tierra (física), tablero eléctrico y puntos de los racks que se van a proteger. En la Figura 3-2 se observa un plano detallado de los recorridos del cableado horizontal (paredes) y vertical (techo entre pisos) señalado de color tomate. Los puntos protegidos se detallan de color rojo y finalmente, de color verde se encuentra la ubicación de la tierra física.



**Figura 3-2** Identificación de cables (Fuente Propia)

De acuerdo con los recorridos del cable se obtuvieron las siguientes medidas que se detallan en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Longitudes del cableado

<b>Descripción de trayectos</b>	<b>Longitud de cableado (m)</b>
Tablero de distribución principal y el tablero secundario	7
Tablero secundario y el rack del laboratorio de microprocesadores	8
Tablero secundario y el rack del laboratorio 22-A	10
Tablero secundario y el rack del laboratorio 22-B	8

(Fuente Propia)

Con la problemática reportada al inicio de este proyecto de sobrevoltajes, se investigó los diferentes dispositivos que podrían solventar este inconveniente. Se seleccionó los dispositivos TVSS tipo 2 y tipo 3, ya que éstos cumplen con la función principal de protección al sistema de sobrevoltajes transitorios en la unidad de milisegundos.

### **Dimensionamiento de los conductores**

Esta sección se divide en 2 partes: calibre del conductor de alimentación del tablero principal al tablero secundario, y el calibre del conductor de los racks, tomado entre el tablero secundario y los tomacorrientes de los racks. De acuerdo con las mediciones realizadas se obtuvo un valor de 127 (V) como tensión de alimentación.

### **Calibre de alimentación del conductor del tablero secundario a cada rack**

Para seleccionar el calibre del cable que conecta cada rack hacia el tablero de protecciones secundario se tomó en consideración la potencia de cada equipo instalado en

cada gabinete. En la Tabla 3.2 se muestra la carga en vatios de los distintos dispositivos electrónicos que se encuentran en el gabinete.

La hoja de datos del fabricante del switch cisco instalado en el rack menciona que tiene un consumo de 15,4 vatios por puerto. El switch es un modelo de 48 puertos ethernet.

Para el adaptador POE se consideró un consumo de 15 vatios de acuerdo con la hoja técnica, tomando en cuenta que se tiene 2 unidades en el gabinete.

Finalmente, el rack cuenta con UPS, el cual es de respaldo de energía para todos los dispositivos del rack existente.

**Tabla 3.2.** Carga en vatios de los dispositivos electrónicos que se encuentran en el gabinete.

Ítem	Dispositivo electrónico	Consumo en vatios (W)
1	Switch de 48 puertos marca cisco	740
2	UPS (Unidad de reserva)	924
3	Adaptador POE	30
	Total	1694

1. Dato tomado de la hoja de datos Swich Cisco
2. Dato tomado de placa
3. Dato tomado de placa

(Fuente Propia)

En la Tabla 3.2 se tiene un consumo total de 1694 vatios y 127 (V) como tensión de alimentación, considerando estos datos, se procedió a calcular la corriente en función de la Ec.1

$$P = V * I \quad \text{Ec. 1}$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1694}{127}$$

$$I = 13,33 \text{ (A)}$$

**Dónde:**

**P** = Potencia (W)

**V** = Voltaje (V)

**I** = Corriente estimada por cada rack (A)

Una vez calculada la corriente por cada rack, se procede a calcular la corriente de caga multiplicándola por un factor de sobredimensionamiento del 25% de acuerdo a la Ec.2

$$I_C = I * fs \text{ (A)} \quad \text{Ec. 2}$$

$$I_C = 13,33 \text{ (A)} * 1,25$$

$$I_C = 16,66 \text{ (A)}$$

**Dónde:**

**I** = Corriente estimada por cada rack (A)

**Fs**= Factor de sobredimensionamiento del 25%

**Ic**= Corriente de carga (A)

Mediante el método de caída de tensión se determinó el calibre de los conductores tanto para la alimentación de los tableros de protección y para los circuitos derivados de fuerza con el fin de dimensionarlos de manera correcta mediante la Ec.3

$$R = \rho_{Cu} \cdot \frac{l}{A} \quad \text{Ec. 3}$$

$$\rho_{Cu} = 0.018 \left( \frac{\Omega mm^2}{m} \right)$$

$$A = \rho \cdot \frac{l}{R}$$

**Donde:**

**R**= Resistencia en ( $\Omega$ )

**$\rho_{Cu}$** = Resistencia del conductor del cobre ( $\frac{\Omega mm^2}{m}$ )

**A**= Area transversal en ( $mm^2$ )

Para el laboratorio 22-A se obtuvieron los siguientes datos:

Corriente de 16,66 (A)

Área transversal de 1,71 ( $mm^2$ )

Longitud de 10 (m)

Potencia 1694 (W)

Con estos datos y de acuerdo con el área trasversal se procedió a seleccionar el calibre del conductor N°12 plasmado en la Tabla 1.3 Este cable se instaló desde el tablero secundario hacia cada rack.

Los resultados obtenidos de los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores se resumen en la Tabla 3.3. Los conductores están diseñados para trasportar la corriente requerida en los tableros de protección con una caída de voltaje admisible del 1% para tableros de alimentación y del 3% para tableros secundarios.

**Tabla 3.3.** Tabla de valores del calibre del conductor AWG con la utilización del criterio de caída de voltaje

CABLE	CORRIENTE (A)	CAIDA (%)	VOLTAJE (V)	RESISTENCIA ( $\Omega$ )	LONGITUD (m)	AREA ( $\text{mm}^2$ )	AWG
ALIMENTACION	60	1%	1.27	0,015875	7	7,54	8
22-A	16,66	3%	3,81	0,11906	10	1,71	12
22-B	16,66	3%	3,81	0,11906	8	1,71	12
23-B	16,66	3%	3,81	0,11906	8	1,71	12

(Fuente Propia)

Mediante los valores obtenidos del área en ( $\text{mm}^2$ ) en la Tabla 3.3 se selecciona su equivalente AWG empleando la Tabla 1.3 de conductores.

#### **Calibre de cable de alimentación entre tablero principal y tablero secundario**

Para los circuitos de alimentación se tiene un valor de área de  $7.54 \text{ (mm}^2\text{)}$ , para lo cual su equivalente de acuerdo a la Tabla 1.3 corresponde al calibre 8 AWG



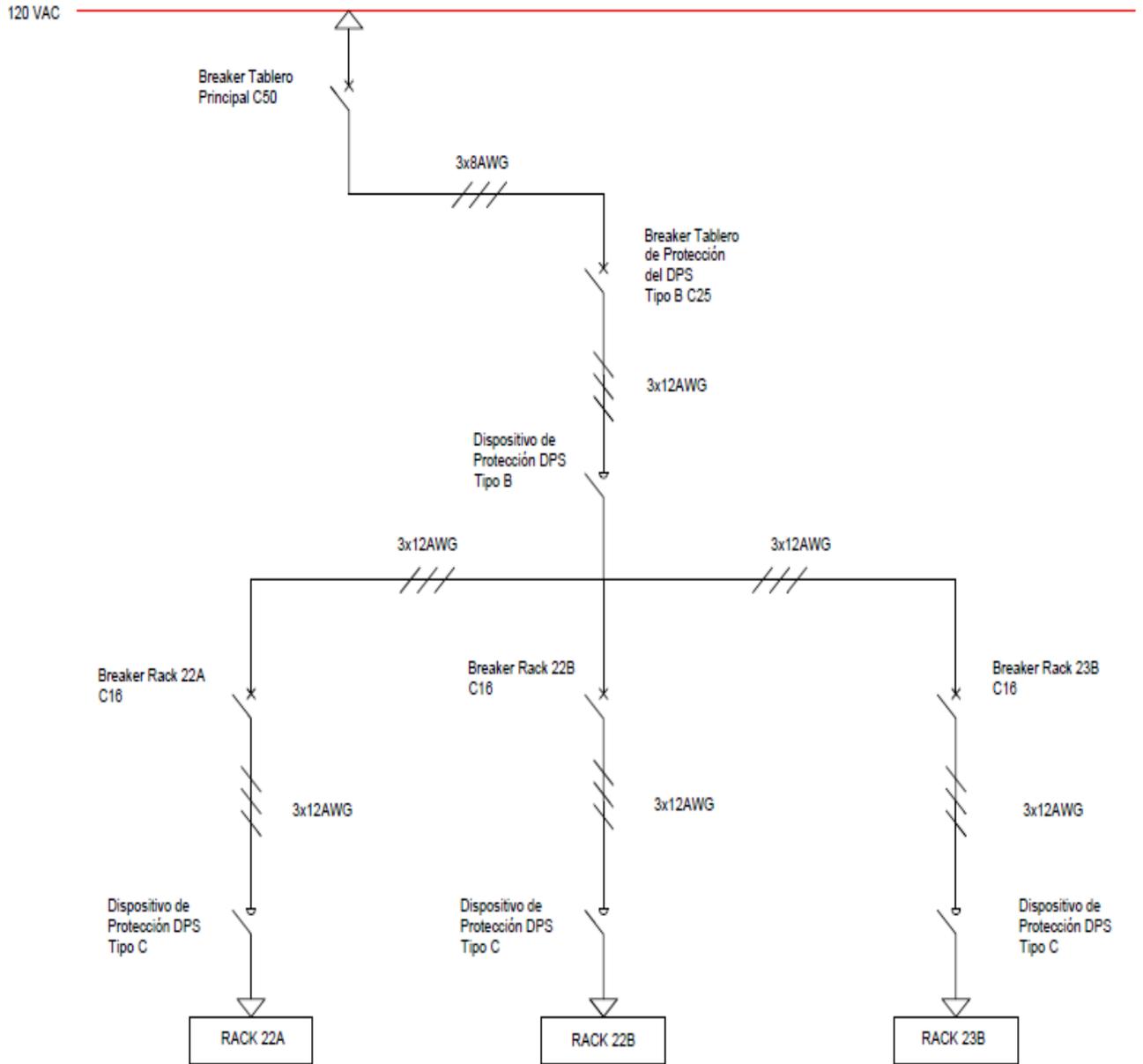
**Figura 3-3** Conductores eléctricos (Fuente Propia)

En la Figura 3-3 se puede observar el conductor que se usó en este proyecto y de acuerdo con la norma NEMA, se cumplió con el código de colores de la siguiente manera: Fase de 127 (V) color negro, Neutro color blanco y Tierra color verde.

#### **Análisis de elementos de protección.**

Para la zona 2, la alimentación de los tres racks consta de una caja moldeada principal y otra secundaria. En la caja principal se colocó un breaker principal de una fase que alimenta a la segunda caja. En la caja moldeada secundaria se instaló cuatro breakers, un breaker principal y tres breakers que alimentan a cada rack. En la caja secundaria se instaló un DPS tipo 2 debajo del breaker principal. Finalmente, se instalaron tres PDS tipo3, los cuales se ubicaron antes de cada rack respectivamente.

En la Figura 3-4 se puede observar el diagrama unifilar de todo el sistema eléctrico implementado.



**Figura 3-4.** Diagrama eléctrico Unifilar

### **Selección de breaker para cada rack.**

Con la corriente de carga calcula en la Ec.1.  $I_c=16,66$  (A) se procede a verificar la Tabla 1.4, con lo cual se seleccionó el breaker más cercano de 16 (A) marca Schneider electric.

### **Selección del breaker para el tablero principal.**

Con la corriente calculada de 62,47 (A) se procede a verificar la Tabla 1.4, con lo cual se seleccionó el breaker más cercano de 60 (A) marca Schneider electric.

### **Selección de elementos supresores**

**Supresor de voltajes transitorios (DPS) TIPO 3:** Para dimensionar este dispositivo se tomó en consideración el voltaje de alimentación de entrada equivalente a 127 (V) y una corriente de 13,33 (A) por cada rack. Con lo cual se precedió a seleccionar un DPS de tipo toma corriente, con las siguientes características principales: modelo T5280-W, corriente de 15 (A) y voltaje de 125 (V). La Figura 3-5 muestra el DPS que se instaló. Las características técnicas se muestran en la Tabla 3.4



**Figura 3-5** Supresor de voltaje transitorio tipo 3

(LEVITON, 2017)

**Tabla 3.4.** Características Eléctricas Del DPS Tipo 3

Corriente (I)	15 (A)
Voltaje (V)	125 (V)
Temperatura de funcionamiento (T)	-40 ° (C) a 60 ° (C)
Máximo voltaje de operación continua (MVOC)	150 (V)
Corriente de descarga nominal (In)	3 (kA)
Corriente de descarga máxima (Imax)	L-N 5(kA) / N-T 5(kA)
Voltaje de protección (Up)	L-N 600(V) / N-T 600(V)
Rechazo de ruido	-30(dB) a 500(KHz)-30(MHz)

(LEVITON, 2017)

**Supresor de voltajes transitorios (DPS) TIPO 2:** Para dimensionar este dispositivo se tomó en consideración la norma ecuatoriana de instalaciones eléctricas, en donde se menciona que el máximo voltaje de operación (MOV) debe ser mayor en un 10% al valor de voltaje de un sistema monofásico ( $V_n$ ). Con este dato se procedió a calcular el valor de voltaje requerido para el DPS adecuado.

$$\text{MOV} = V_n \cdot 110\% \quad \text{Ec. 4}$$

$$\text{MOV} = 127 \cdot 110\%$$

$$\text{MOV} = 139,7 \text{ (V)} \quad \text{Máximo Voltaje de Operación}$$

**Dónde:**

**MOV** = máximo voltaje de operación (V)

**$V_n$**  = Voltaje nominal (V)

Otro parámetro que se consideró fue la corriente total de la carga (tres racks), el cual fue de 39,90 (A). Con lo cual se procedió a seleccionar un DPS para cajas moldeadas, con un voltaje de 140 (V). La Figura 3-6 muestra el DPS que se instaló. Las características técnicas se muestran en la Tabla 3.5.

Una de las características relevantes de este DPS, es el indicador de su correcto funcionamiento, el cual se distingue por una luz indicadora.



**Figura 3-6** Supresor de voltajes transitorios o DPS Tipo 2. (Fuente Propia)

**Tabla 3.5.** Características Eléctricas Del DPS Tipo 2.

Frecuencia	<b>50-60 (Hz)</b>
Tensión nominal (V)	140 (V <sub>AC</sub> )
Tiempo de respuesta tA [F-N/N-T]	25 (ns) / 100 (ns)
Temperatura de funcionamiento (T)	-40 (°C)- +80(°C)
Máximo voltaje de operación continua (MVOC)	275 (V <sub>AC</sub> ) / 255 (V <sub>AC</sub> )
Corriente de descarga nominal (I <sub>n</sub> )	10 (kA)
Corriente de descarga máxima (I <sub>max</sub> )	20 (kA)
Voltaje de protección (U <sub>p</sub> )	0.8 (kv)

(Fuente Propia)

Seleccionados todos los dispositivos eléctricos y electrónicos se realizó la adquisición y posterior instalación. Adicional a esto, se consideró una canaleta de 50 x 300 (mm) para cubrir corridas de cableado en lugares visibles.

Finalmente, se diseñó un diagrama de fuerza, en el cual se especifica todas las características del sistema, estimando los elementos de protección, trayectorias comprendidas para el tendido de cableado eléctricos y puntos de conexión que a continuación se muestran en el Anexo 4.

### **3.2 Implementación del sistema de protección contra sobretensiones transitorias.**

Como primer punto se realizó el tendido del cable 3x8 AWG alimentación principal para (fase, neutro y tierra) entre el tablero eléctrico principal y secundario, también se ubicó un lugar adecuado para el tablero eléctrico secundario tomando en cuenta los puntos a proteger. En la Figura 3-7 se muestra el tablero principal del cual inicia la trayectoria del cableado que fue llevado por el techo como se puede observar en la Figura 3-8 hacia el tablero eléctrico secundario.



**Figura 3-7** Tablero principal. (Fuente Propia).

Se implementó un breaker de 60 (A) en el tablero principal. La conexión constó de tres cables, el cable de línea o fase de color negro se conectó directamente al polo del breaker que mira al tablero secundario, el cable neutro de color blanco se conectó a la barra de neutro y el cable de tierra de color verde se conectó a la barra de tierra.

En la Figura 3-8 se puede observar el tendido del cable de atentación entre el tablero eléctrico principal y tablero eléctrico secundario, por medio del techo de las aulas de las ESFOT-EPN.



**Figura 3-8** Trayectoria del cable en el interior del techo. (Fuente Propia)

Llegando al segundo punto, el tablero de protecciones secundario, se realizó un orificio en el techo falso a la altura del tablero secundario. Finalmente, se dejó el cableado enrollado hasta la construcción del segundo tablero.

Para el armado del tablero secundario se empezó con la instalación de los rieles dentro de la caja térmica. Una vez instalado los rieles se empotró todos los elementos de protección y barras de energización (neutro y tierra). Finalmente se cableó entre los elementos mencionados siguiendo el diagrama representado en el plano del Anexo 4.

A continuación, en la Figura 3-9 se muestra la placa de la caja secundaria.



**Figura 3-9** Placa del tablero de protecciones secundario. (Fuente Propia)

La Figura 3-9 indica la conexión de los diferentes equipos de protección. En la parte superior se ubica el DPS tipo 2 y su breaker de protección breaker de monofásico de 25 (A), mientras que en la parte inferior se ubica el riel con los tres breakers monofásicos de (16) que protegen a los racks. A los costados se ubican las barras de tierra y neutro.

Una vez instalada la placa en el tablero secundario, se conectó el cableado proveniente del tablero principal. Se consideró un espacio de 50 (cm) entre el techo falso y la caja secundaria.

De igual forma, al tablero principal se conectó: el cable de fase de color negro al breaker de 25 (A), el cable blanco a la barra de neutro y el cable verde a la barra de tierra.

Finalmente se realizó el cableado entre los breakers de 16 (A) y el breaker principal de la caja secundaria. En la Figura 3-10 se muestra el resultado del tablero de protecciones secundario.



**Figura 3-10** Tablero de protecciones secundario. (Fuente Propia)

Se procedió con el tendido del cable 12 AWG de cada breakers de 16 (A) hacia cada rack. El cableado de los tres breakers sube al techo falso al cableado del breaker principal, ingresando al techo falso por el orificio nuevo que se realizó anteriormente. Por medio de mangueras son direccionados cada cableado hacia su respectivo rack.

Para el laboratorio 23-B se tendió el cable al techo falso. En ese punto se realizó un orificio en el techo falso para la bajada del cableado. Se instaló el DPS tipo 3 empotrado en la pared cerca al gabinete y se conectó el cableado proveniente del tablero secundario del breaker de 16 (A). Se conectaron los cables al DPS de topi 3 siguiendo nomenclatura de colores: negro a la fase, blanco al neutro y verde a la tierra. El cableado fue instalado por medio de canaletas entre el techo falso y el DPS. Las canaletas plásticas fueron consideradas para uso en puntos visibles.

El procedimiento se repitió para los laboratorios 22-A y 22-B, considerando como única variante la longitud del cable a recorrer. En la Figura 3-11 se muestra el rack y el DPS tipo 3 instalado.



**Figura 3-11** Toma corriente o DPS tipo 3 funcionando en el rack. (Fuente Propia)

### **3.3 Mejoramiento del sistema de puesta a tierra**

Se verificó la fosa de puesta a tierra, en la cual se observó que posee un acople mecánico, el cual en los conceptos generales presenta varias desventajas en el sistema. La Figura 3-12 muestra el acople mecánico encontrado.



**Figura 3-12** Acople mecánico de la zona 2. (Fuente Propia)

Se procedió a destornillar el acople mecánico con la ayuda de la llave inglesa, una vez desacoplado el conductor de tierra se realizó la soldadura exotérmica para puesta a tierra. Primero se procedió a ajustar el molde de crisol, seguido a esto, se colocó en un molde la pólvora y el fundente y finalmente, se hizo chispa con la ayuda de un fósforo o chispero. En la Figura 3-13 se muestra el proceso mencionado.



**Figura 3-13** Proceso de soldadura parte 1. (Fuente Propia)

Finalizada la suelda se retiró el molde para verificar que el fundente se haya compactado con los conductores. La Figura 3-14 muestra el resultado final de la soldadura.



**Figura 3-14** Proceso de soldadura parte 2. (Fuente Propia)

De acuerdo con la **Figura 3-14** los conductores se encuentran perfectamente unidos y compactados.

Para terminar el proceso, se midió la resistencia del sistema de puesta a tierra con el telurómetro Megger, en el cual se obtuvo que la tierra se encontraba en un rango superior a 5 ( $\Omega$ ). En la Figura 3-15 se muestra la medida tomada.



Figura 3-15 Medida inicial en Megger. (Fuente Propia)

La medida tomada en el Megger fue de 5,5 ( $\Omega$ ), la cual es considerada como fuera de rango. Por lo tanto, se consideró realizar el tratamiento químico para bajar la resistencia a un valor menor a 5 ( $\Omega$ ). Como primera instancia se retiró las tapas de la fosa de la puesta a tierra, donde se evidenció suciedad y maleza. Después se retiró tierra de la fosa formando una especie de superficie cóncava alrededor del electrodo. Para la preparación del químico mejorador del suelo se usó un recipiente en donde se mezcló el químico con dos litros de agua aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea.

En la Figura 3-16 se muestra la preparación de la mezcla.



Figura 3-16 Químico mejorador de suelo y mezcla. (Fuente Propia)

Con la mezcla preparada se vertió en el orificio donde se encontraba el electrodo. Una vez culminado el paso anterior se procedió a cerrar la fosa y esperar por un periodo de 2

días para que se compacte el terreno y los minerales tengan efecto sobre la tierra. Al segundo día se vertió 2 litros de agua en la parte céntrica (punto donde se encuentra el electrodo) con el objetivo de que se active el electrodo con la ayuda de los minerales. De tal manera, la resistividad del suelo fue de 1,82 ( $\Omega$ )

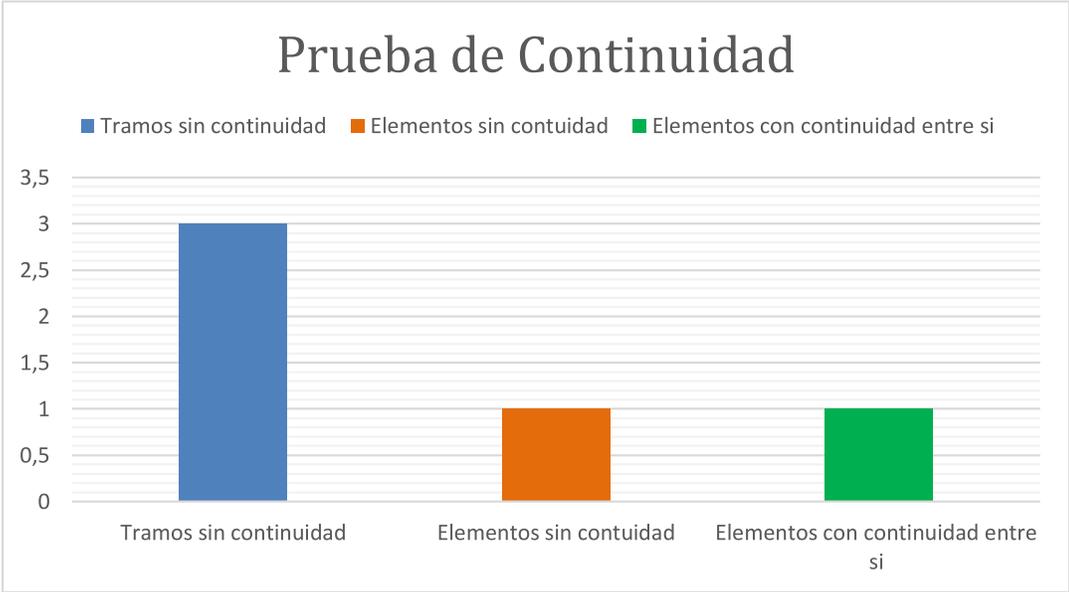
### 3.4 Pruebas y Análisis de resultados

#### Prueba de continuidad en el sistema.

Esta prueba consiste en revisar la continuidad en todo el trayecto del cableado y puntos de unión a dispositivos de protección que se encuentran desde el inicio hasta el final del sistema.

El objetivo de esta prueba es comprobar el correcto flujo de la corriente por los elementos de protección y por los tramos del conductor, ya que, al momento de ajustar las conexiones, éstas pueden quedar flojas o mal conectadas. Los resultados se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Resultados de prueba de continuidad



(Fuente Propia)

De las pruebas realizadas se obtuvieron tres eventos diferentes: tres tramos sin continuidad, un dispositivo de protección sin continuidad y un tramo que presenta continuidad entre sí; con lo que podría causar algún desperfecto en el sistema.

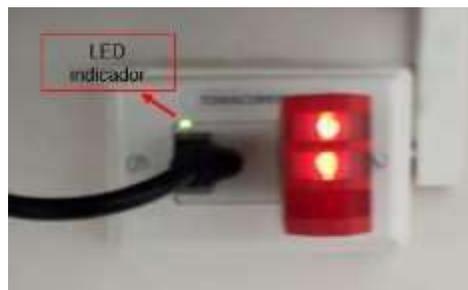
Para los tramos sin continuidad se apretó tornillos y se realizó cambios terminales. En el dispositivo sin continuidad se corrigió empotrando por completo en la caja térmica y finalmente para los tramos que estaban unidos se colocó una cinta aislante y se volvió a instalar el cableado.

Con los cambios realizados se procedió a encender el sistema. Se empezó con el encendido de los breakers (tableros) hasta los secundarios (racks). Después se verificó el estado de los DPS, tanto del tipo 2 como el tipo 3. Cada indicador tenía el led verde encendido lo que significa en estado activo.

### **Comprobación del correcto funcionamiento del tomacorriente o DPS tipo 3**

Esta prueba consiste en comprobar el estado y correcto funcionamiento de la fase, neutro y tierra, con ayuda de un comprobador de tomacorrientes. El proceso consta de enchufar en el tomacorriente el comprobador y éste debe encender las dos últimas luces de izquierda a derecha, con lo cual quiere decir que el tomacorriente en sus tres puertos se encuentra en correcto funcionamiento. En la

Figura 3-17 se muestra el dispositivo en funcionamiento.



**Figura 3-17** Dispositivo en comprobación de tomacorrientes. (Fuente Propia)

Esta prueba es necesaria para comprobar la salida correcta de voltaje considerando la protección a tierra y asegurando la funcionalidad de la carga, incluso en caso de variaciones o desperfecto en la alimentación.

Como resultado se obtuvo que todos los tomacorrientes instalados se encuentren en perfectas condiciones de funcionamiento, ya que se prendieron los 2 leds en todas las pruebas realizadas.

### **Prueba de medición de voltaje y corriente en la alimentación.**

Esta prueba consiste en medir voltajes y corrientes en los diferentes puntos de alimentación, en donde se conectan directamente las cargas. El instrumento usado fue el multímetro.

La Tabla 3.7 muestra los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en los tres racks.

**Tabla 3.7.** Resultados obtenidos de la prueba de voltajes y corrientes

Nro. de rack	Voltaje (Voltios)	Corriente (Amperios)
Rack 22-A	127	12,8
Rack 22-B	127	12,5
Rack 23-B	127	12,4

(Fuente Propia)

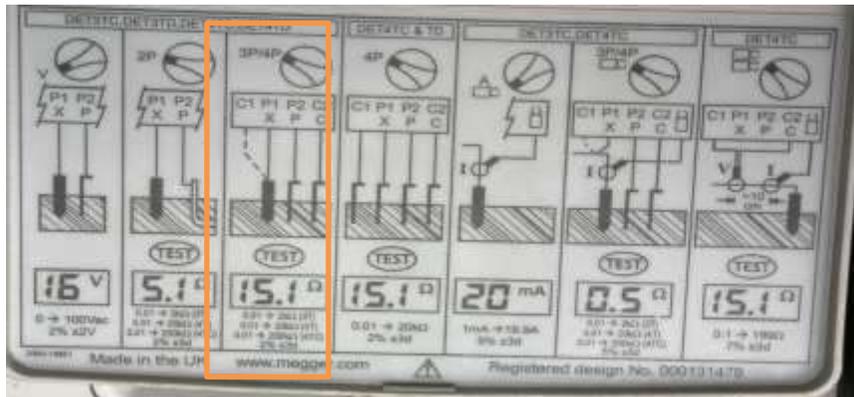
De acuerdo con la Tabla 3.7, se considera que los datos obtenidos se encuentran dentro de los estándares para su correcto funcionamiento.

### **Prueba de medición de puesta a tierra.**

Esta prueba consiste en medir la resistencia de tierra, con el objetivo de obtener la medida dentro de un rango aceptable para proteger el sistema en caso de fallas a tierra.

Esta prueba se realizó con el fin de comprobar el correcto valor de resistencia que protegerá a los racks, con la ayuda de un Megger, se procedió a elegir el método de medida.

La Figura 3-18 muestra la parte posterior del Megger en la cual se encuentra detallada los métodos de medición.



**Figura 3-18** Método de medición del telurómetro. (Fuente Propia)

El método usado es de los 4 polos considerando a X como el cable de neutro, P el cable de voltaje y C el cable de corriente. Para la medición se ubicó los cables de acuerdo con lo antes mencionado. Por lo tanto, el color rojo fue de voltaje, el color amarillo fue de corriente, el color negro fue de neutro y el color verde fue de tierra. Para la medición, se realizaron los siguientes pasos:

1. Se incrustó en la tierra las picas cada tres metros, tomando el siguiente orden: corriente (amarillo) y voltaje (rojo). Se tomó como referencia la varilla de tierra. La Figura 3-19 muestra el procedimiento.



**Figura 3-19** Parte 1 medición de tierra. (Fuente Propia)

Se cortocircuitó el cable de tierra (verde) y el cable negro (neutro) en la varilla de tierra. La Figura 3-20 muestra el procedimiento.



Figura 3-20 Cortocircuito de los cables tierra y neutro.(Fuente Propia)

2. Se seleccionó con la perilla del telurómetro el método a medir. La **Figura 3-21** muestra el método seleccionado.



Figura 3-21 Método de medición. (Fuente Propia)

3. Finalmente, la Figura 3-22 muestra el resultado obtenido.



Figura 3-22 Resultado de la medición. (Fuente Propia)

La medición obtenida fue de 1,82 ( $\Omega$ ), la cual se encuentra dentro del rango considerado para este tipo de instalaciones.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Se implementó tres puntos de energía segura mediante sistemas de protección, que se logró reducir las perturbaciones eléctricas, las que son perjudiciales para el correcto funcionamiento los equipos electrónicos que posee la ESFOT
- Para que un sistema de puesta a tierra garantice una buena conducción y disipación de corrientes de falla, debe cumplir con la norma IEEE, la cual menciona que el valor de la resistencia de la puesta a tierra debe ser menor o igual a 5 ( $\Omega$ ).
- Para la selección de los conductores y elementos de protección se de tener en cuenta el factor sobredimensionamiento, el cual permitirá que en un futuro se puedan conectar cargas que demande mayor potencia sin ningún tipo de inconveniente.
- La inversión en protección contra voltajes transitorios en este caso los DPS, colabora con el ahorro en costos de reparación o pérdida de equipos muy sensibles conectados a la red.
- Las cargas conectas a la red no influyen de ninguna manera ante los DPS, ya que estos se encuentran conectados en paralelo a la instalación eléctrica y solo actúan ante la presencia de algún tipo de falla en la red como sobrevoltajes transitorios.
- Mediante el tratamiento químico del suelo del sistema de puesta a tierra se logró mejorar la resistencia de la tierra, este método es muy utilizado, pero posee la desventaja de que con el tiempo los químicos son drenados por efectos de la lluvia.
- En los sistemas de puesta a tierra las condiciones ambientales como la temperatura y humedad afectan considerablemente la conductividad del terreno, por lo cual esta se encuentra en constate variación de acuerdo con las diferentes épocas del año.
- El uso de un telurómetro mediante el método de las tres picas permitió obtener el valor de la resistividad real del sistema de puesta a tierra, para verificar que se encuentre dentro de lo establecido por la norma técnica que es un valor menor 5 ( $\Omega$ ) para equipos sensibles.
- La comprobación de voltaje mediante el uso del multímetro en los DPS de tipo 3, permitió verificar que la caída de tensión no sea mayor a porcentaje establecido.

### Recomendaciones:

- Verificar los sistemas de puesta a tierra existentes para no crear tierras flotantes y mejorarlas de tal modo que se puedan utilizar.
- Hacer un estudio del suelo en las peores condiciones como son épocas de sequía y calor extremo para verificar si cumple con la resistividad necesaria para la utilización del suelo.
- Al instalar dispositivos de protección como los DPS se debe de tener en cuenta el tipo y sus características técnicas para que sea ubicado en el tablero eléctrico adecuado.
- Al realizar el tendido de los conductores eléctricos se debe verificar que estos no tengan ningún tipo obstrucción que puedan dañar el aislamiento, ya que esto puede ocasionar una falla en el sistema.
- En un sistema de puesta a tierra es aconsejable realizar un mejoramiento del suelo a través de un GEM (Ground Enhancement Material) mejorador ya que este aporta sales y minerales necesarios para el suelo.
- Se debe tomar en cuenta todas las características técnicas a través de las hojas de datos del fabricante de cada uno de los elementos de protección evitando así el mal uso de los dispositivos.
- Realizar diagramas eléctricos unifilares con una adecuada nomenclatura en los conductores eléctricos con el objetivo de facilitar el mantenimiento a los técnicos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

all-sun. (2019). Obtenido de all-sun: <http://www.all-sun.com/EN/d.aspx?pht=1053>

AMAZON. (20 de 08 de 2019). WIDENCDN. Obtenido de WIDENCDN: [https://embed.widencdn.net/pdf/plus/megger/fd1bowuc9x/DET4TC2\\_DET4TCR2\\_DS\\_es.pdf](https://embed.widencdn.net/pdf/plus/megger/fd1bowuc9x/DET4TC2_DET4TCR2_DS_es.pdf)

Atew.com. (7 de Julio de 2018). PARARRAYOS - PROTECCIÓN SOBRETENSIONES. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de La importancia de una toma de tierra adecuada: <https://at3w.com/empresa/noticias/la-importancia-de-una-toma-de-tierra-adecuada/s33c429..>

Blogspot.com. (Febrero de 2016). BLOG DE ELECTRICIDAD JESUS MARTIN. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de ¿Qué es una sobretensión? Tipos de sobretensiones: <http://jemaelectro.blogspot.com/2016/02/que-es-una-sobretension-tipos-de.html>

Cerda, L. (2017). Electricidad y automatismos eléctricos. Madrid: Paraninfo.

Cirprotec.com. (2017 de Junio de 2017). Proteccion-contrasobretensiones. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de <http://www.cirprotec.com/es/Soporte/Area-de-conocimiento/Proteccion-contrasobretensiones/DPS/Sobretensiones-Transitorias-DPS/Funcionamiento-y-seleccion-de-un-protector-SPD..>

Cirprotec.com. (2019). Proteccion-contrasobretensiones. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de Funcionamiento y selección de un protector SPD: <http://www.cirprotec.com/es/Soporte/Area-de-conocimiento/Proteccion-contrasobretensiones/DPS/Sobretensiones-Transitorias-DPS/Funcionamiento-y-seleccion-de-un-protector-SPD>

CNFI. (2018). Boletín informático. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de Tensiones Transitorias: [https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/tensiones\\_transitorias.pdf](https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/tensiones_transitorias.pdf)

corpnewline.com. (2018). Reguladores de Voltaje y transformadores . Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de Supresores de picos o transientes SPD: <https://corpnewline.com/supresores.htm>

Dns-system. (2016). Tienda online informática. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de ¿Qué es un rack?: [https://www.dns-system.es/que\\_es\\_un\\_armario\\_rack.php](https://www.dns-system.es/que_es_un_armario_rack.php)

E-cotisa.com. (2018). CÓMO ELEGIR EL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de <https://e-cotisa.com/como-elegir-el-electrodo-de-puesta-a-tierra/>

Ecp.ec. (Enero de 2013). NEC. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de CAPÍTULO 15 INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECANICAS2013.pdf>

electricaplicada.com. (2017). Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de DPS Dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD en ingles): <https://www.electricaplicada.com/dps-dispositivo-de-proteccion-contrasobretensiones-spd-en-ingles/>

LEVITON. (2017). Obtenido de LEVITON: <https://www.leviton.com/es/products/t5280-w>

López, J. (2006). Compatibilidad electromagnética. Barcelona: Marcombo.

M, M. (2015). Comparison between Double Conversion online UPS and Flywheel UPS Technologies in terms of efficiency and cost in a Medium Data Centre. London: Paper.

M., M. (2015). Comparison between Double Conversion online UPS and Flywheel UPS Technologies in terms of efficiency and cost in a Medium Data Centre. Brunel University London (pág. 5). London: Paper.

Mas voltaje . (27 de 04 de 2016 ). Obtenido de Mas voltaje: <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>

Miguel, S. (2010). Reglamento electrónico para baja tensión. Madrid: Paraninfo.

Milad, M. (2015). Comparison between Double Conversion online UPS and Flywheel UPS Technologies in terms of efficiency and cost in a Medium Data Centre . London: Paper.

Montané, P. (Agosto de 1993). protecciones en las instalaciones electricas . Barcelona (España). Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de (Eléctrica): <https://www.definicion.xyz/2018/08/proteccion-de-sistemas-electricos.html>

NETGEAR. (06 de 11 de 2019). Obtenido de NETGEAR: <https://kb.netgear.com/es/209/Qu&eacute;-es-PoE-alimentaci&oacute;n-a-trav&eacute;s-de-Ethernet>

Pablo, S. M. (s.f.). Reglamento electrónico para baja tensión.

Redeweb.com. (8 de Mayo de 2019). Revista Española de Electrónica. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de Los varistores son viables para la protección contra sobretensiones: <https://www.redeweb.com/articulos/los-varistores-son-viables-para-la-proteccion-contrasobretensiones/>

San Miguel, P. (2010). Reglamento electrónico para baja tensión. Madrid: Paraninfo.

Sandoya, I. A. (Febrero de 2018). NEC. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de Norma Ecuatoriana de Cosntrucción (Intalaciones-Eléctricas): <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>

Schneider Electric. (2016). Obtenido de Schneider Electric: <https://euroelectrica.com.mx/wp-content/uploads/2019/01/Compendiado-Schneider-2016-Web.pdf>

Schneider Electric. (20 de Junio de 2017). Blog de Schneider Electric. Recuperado el 24 de Marzo de 2020, de Los 5 problemas eléctricos más comunes: [https://blogespanol.se.com/gestion-de-la-energia/2017/06/20/\\_\\_\\_trashed-4/](https://blogespanol.se.com/gestion-de-la-energia/2017/06/20/___trashed-4/)

SOLDEXEL. (23 de 02 de 2020). Obtenido de SOLDEXEL: <https://www.soldexel.com/productos/soldadura-exotermica/>

SYSCOM. (2017). Obtenido de SYSCOM: <https://soporte.syscom.mx/es/articulos/3066352-ups-que-es-como-funciona-tipos-de-ups-donde-usar-cada-tipo-como-calcular-tiempo-de-respaldo>

## 6. ANEXOS

### Anexo 1

**Megger.**

**DET4TC2 y DET4TCR2**  
Probadores de conexión a tierra digitales

#### ESPECIFICACIONES

**Protección de ingreso**  
IP54

**Comprobación de estaca C, estaca P y ruido**  
Automática

**Rechazo de ruido**  
40 V pico a pico

**Prueba bifilar, trifilar, tetrafilar**  
Sí, no se requieren enlaces cortocircuitantes

**Prueba sin desconexión (ART)**  
Sí, con MCC CLAMP

**Medición sin estacas**  
Sí, con MCC CLAMP y MVC CLAMP

**Salida del instrumento**  
Voltaje:  $\pm 25$  V o  $\pm 50$  V a 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz y 128 Hz  
Corriente: 4,5 mA, 0,45 mA, o 0,045 mA

**Rango de corriente de retorno por tierra con abrazadera**  
0,5 mA a 19,9 A

**Precisión de la corriente de retorno por tierra**  
5%  $\pm 3$  dígitos

**Rango de voltaje de puesta a tierra**  
0 a 100 V ca

**Precisión del voltaje de puesta a tierra**  
2%  $\pm 2$  V

**Rango de resistencia**  
2 polos, 3 polos, 4 polos: 0,01  $\Omega$  a 200 k $\Omega$   
Técnica de varilla interconectada (ART): 0,01  $\Omega$  a 200 k $\Omega$   
Sin estacas: 0,1  $\Omega$  a 200  $\Omega$

**Precisión de la resistencia**  
**Mediciones de 2P:** 2%  $\pm 3$  dígitos  
**Mediciones de 3P:** 2%  $\pm 3$  dígitos  
**Mediciones de 4P:** 2%  $\pm 3$  dígitos  
**Mediciones con ART:** 5%  $\pm 3$  dígitos  
**Mediciones sin estacas:** 7%  $\pm 3$  dígitos

**Resistencia máxima del cabezal medidor**  
**Límite Rp:** 200 k $\Omega$  (voltaje de salida de 50 V)  
**Límite Rc:** 200 k $\Omega$  (voltaje de salida de 50 V)  
Límites reducidos a 100 k $\Omega$  para voltaje de salida de 25 V  
Límites reducidos a 5 k $\Omega$  para resolución de 0,01  $\Omega$

**Visor**  
3 1/2 dígitos, alto contraste, con iluminación de fondo, de cristal líquido

**Tipo de batería**  
**DET4TC2:** 8 baterías AA (LR6)  
**DET4TCR2:** 8 baterías AA (LR6) NiMH recargables

**Rango de temperatura de funcionamiento**  
-15 °C a +55 °C

**Rango de temperatura de almacenamiento**  
-40 °C a +70 °C

#### Seguridad

Cumple con los requerimientos de IEC 61010-1 Categoría IV 100V: entre pares de terminales.\*

#### EMC

De acuerdo con IEC 61326-1

#### Cumplimiento de las normas

Cumple con los requerimientos de KEMA K85B

Cumple con los siguientes capítulos de la norma EN 61557: Seguridad eléctrica de los sistemas de distribución de bajo voltaje hasta 1000 V ca y 1500 V cc- Equipos para prueba, medición o control de medidas de protección.

Capítulo 1 - Requerimientos generales

Capítulo 5 - Resistencia a tierra

#### Dimensiones

203 mm x 148 mm x 78 mm

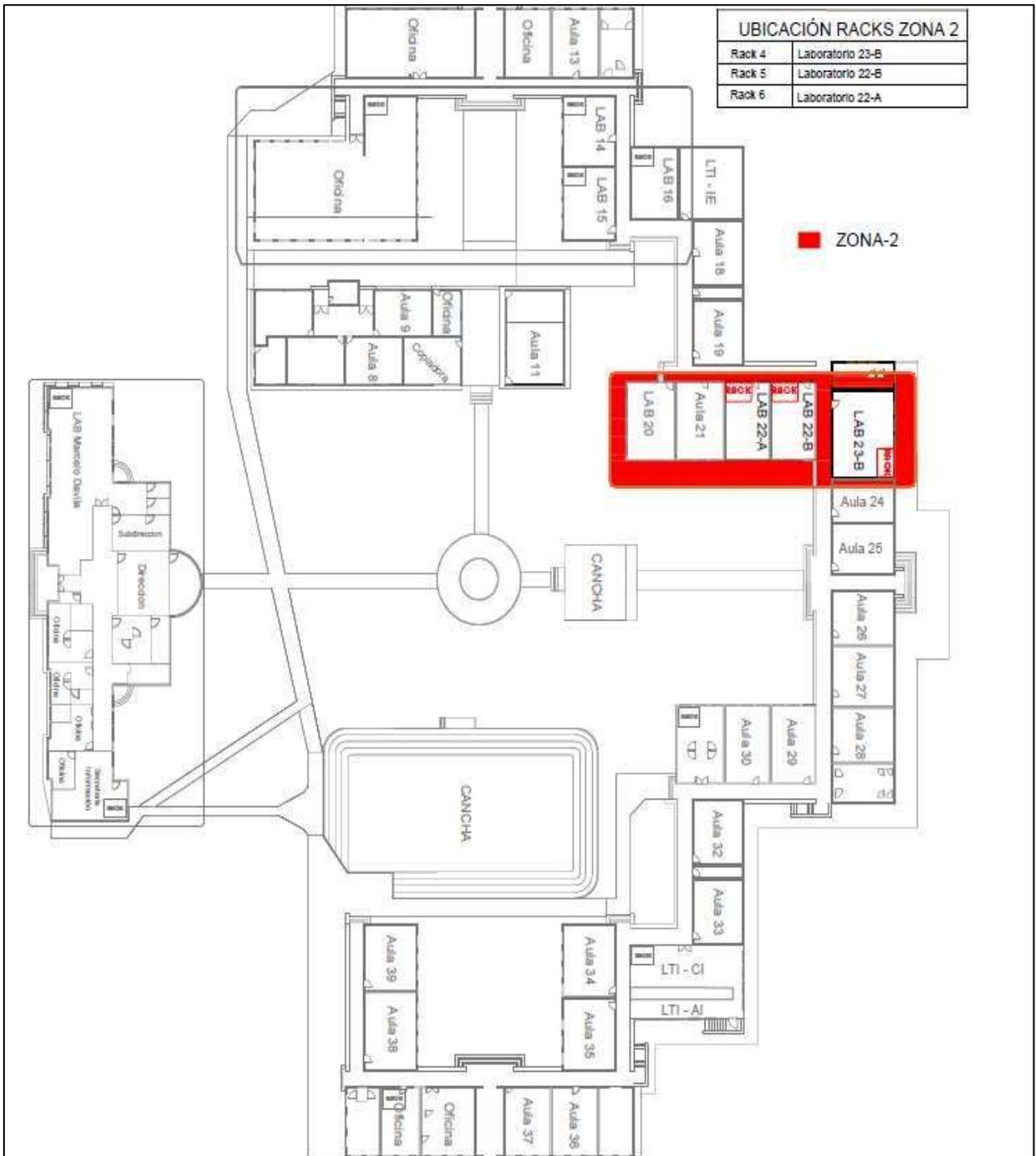
#### Peso

1 kg

\* \* La corriente nominal CAT/IV 100 V depende del uso del grupo de cables de al menos esta corriente nominal, por ejemplo el grupo de los dos cables nominales, número de parte 1001-858.

### Anexo 1. Características del telurómetro marca Megger

## Anexo 2



Anexo 2. Plano general de puertas a Tierra Zona 2

### Anexo 3



#### Specifications

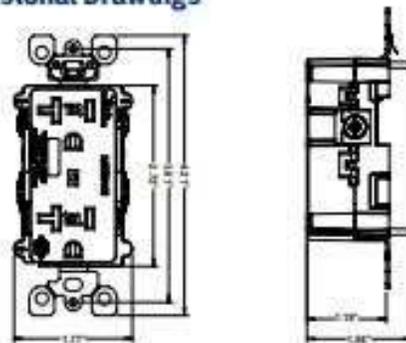
Electrical Specifications	
Dielectric Voltage	Withstands 2000V per UL498
Current Limiting	Full Rated Current
Temperature Rise	Max 30C after 250 cycles CL at 200% rated current
Environmental Specifications	
Flammability	Rated V-2 per UL 94
Operating Temperature	-40C to 60C
Material Specifications	
Face Material	Nylon
Body Material	Polycarbonate
Line Contacts	Brass Triple-Wipe
Terminal Screws	Brass-Plated Steel
Grounding Screw	Brass-Plated Steel
Yoke	Zinc-Plated Steel
Clamp Nuts	Zinc-Plated Steel
Ground Clips	Brass-Plated Steel
Shutter Mechanism	Delrin® Acetal
Mechanical Specifications	
Terminal ID	Brass-Hot, Green-Ground, Silver-Neutral
Terminal Accom.	14-10 AWG
Product ID	Ratings are permanently marked on device
Terminal Screw Torque Rating	14-16 in lbs.
Performance Data	
Maximum Continuous Operating Voltage (MCOV)	150V rms
Joules Rating	720
Nominal Discharge Current (In)	3kA (Meets Type 2 & Type 3 Requirements)
Max Surge Current	L-N: 18kA, L-G: 9kA, N-G: 9kA
Noise Rejection	-30dB at 500kHz-30MHz
Voltage Protection Rating (VPR)	L-N: 600V, L-G: 700V, N-G: 600V
Short Circuit Current Rating (SCCR)	5000A
Diagnostics	Indicator Light, Audible Alarm (on select versions)
Standards and Certifications	
NEMA	WD-6
ANSI	C-73
UL498	File E13399
UL1449 3rd Edition	File E317603
CSA C22.2 No. 42	File 152105
NDM	057

#### Ordering Information

Key:	Isolated Ground (IG)	Indicator Light
	Audible Alarm	Hospital Grade

15A, 125V, TR Surge Protective Receptacle			
Color	Outlet Configuration		
	Duplex	Duplex	Duplex
Brown	T5280	-	-
Ivory	T5280-I	T7280-I	T8280-I
White	T5280-W	T7280-W	T8280-W
Gray	T5280-GY	-	-
Red	-	-	T8280-R
Blue	T5280-B	T7280-B	T8280-B
Black	T5280-E	T7280-E	-
Lt Almond	T5280-T	T7280-T	T8280-T
Features	Indicator Light	Audible Alarm	Indicator Light, Audible Alarm
20A, 125V, TR Surge Protective Receptacle			
Color	Outlet Configuration		
	Duplex	Duplex	Duplex
Brown	T5380	-	-
Ivory	T5380-I	T7380-I	T8380-I
White	T5380-W	T7380-W	T8380-W
Gray	T5380-GY	-	T8380-GY
Red	-	-	T8380-R
Blue	T5380-B	T7380-B	T8380-B
Black	T5380-E	T7380-E	-
Lt Almond	-	-	-
Features	Indicator Light	Audible Alarm	Indicator Light, Audible Alarm

#### Dimensional Drawings



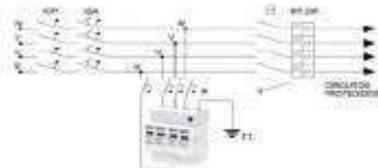
Anexo 3. Características eléctricas del TVSS Tipo 3

**MÓDULOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES PARA REDES DE ALIMENTACIÓN EN BAJA TENSIÓN.**

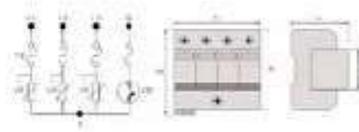
Los protectores de sobretensiones trifásicos Tipo 2 se instalan en cabecera de instalaciones eléctricas.

Protegen los equipos eléctricos y electrónicos contra sobretensiones transitorias de origen atmosférico y de maniobra.

- Protección Clase II de acuerdo con la norma IEC 61643-1
- Protección Tipo 2 de acuerdo con la norma EN 61643-11
- Fácil supervisión gracias al dispositivo de desconexión.
- Diseño en dos partes consistente en una base y un módulo de protección enchufable.
- Indicación de fallo mediante indicador rojo en ventana.
- Respuesta rápida.
- Terminal de alarma remota opcional.



Conexión del equipo

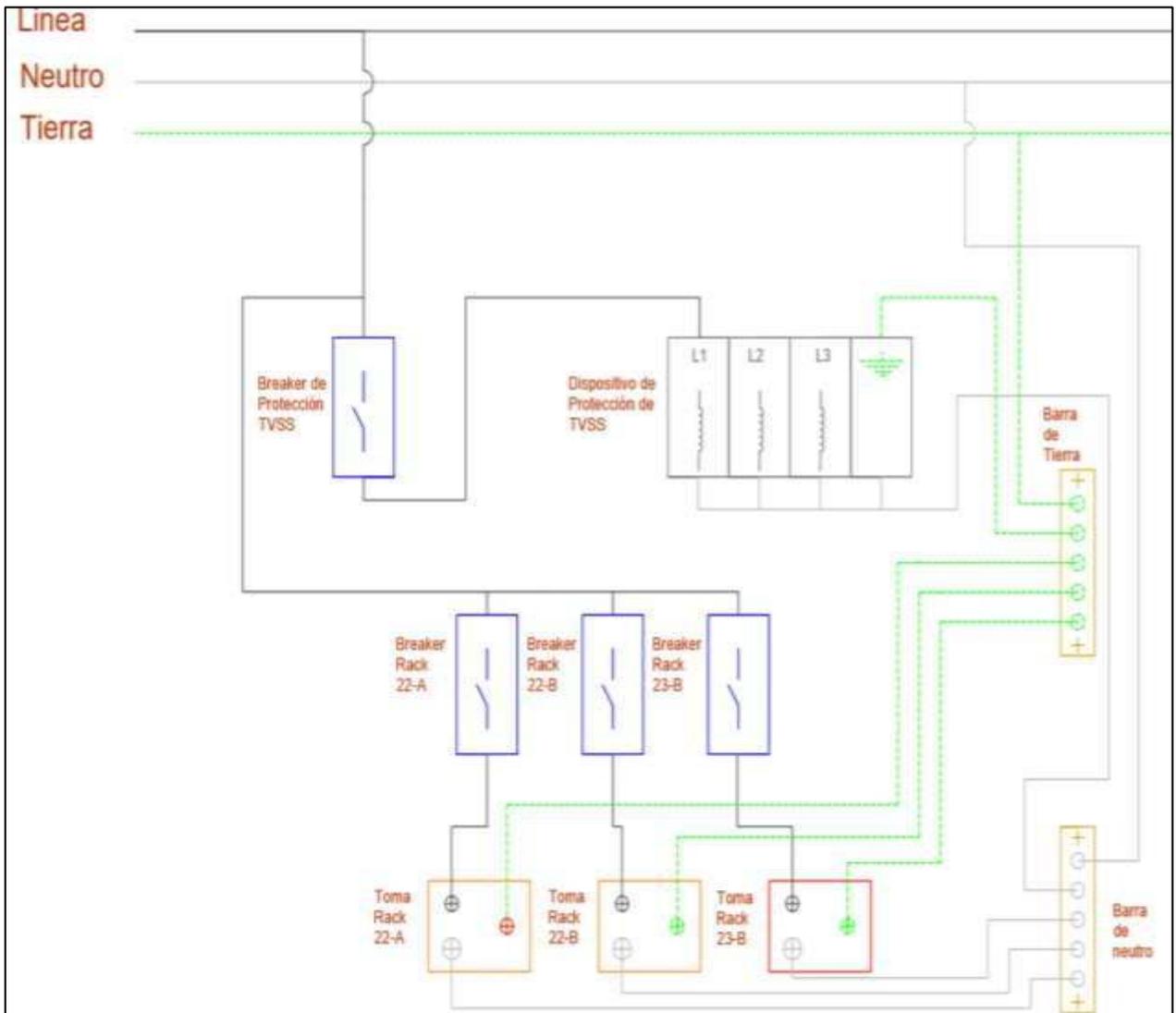


Esquema y dimensiones del BD4-40

MODELO EQUIPO	BD4-40/240
Tipo de instalación	Definición I Trifásica 3F+N+T
Tensión nominal / Frecuencia	110 V <sub>ph</sub> / 230 V <sub>Ln</sub> / 50-60 Hz
Esquemas de puesta a tierra	TT, IT y TN-S
Desconexión térmica	Interna verde-normal rojo-fallo
Contacto alarma remota	Opcional; Cod BD4-40/240-S
Comportamiento frente a sobretensiones	
Tipo de protección (EN 61643-11 / IEC 61643-1)	Tipo 2 / Clase II
Tensión máxima operación continua (U <sub>c</sub> ) AC (F-N/N-T)	140 V <sub>ph</sub> / 150 V <sub>Ln</sub>
Corriente nominal de descarga (I <sub>pn</sub> )	10 kA
Máxima corriente de descarga (I <sub>max</sub> )	20 kA
Corriente de impulso de rayo (10/350) I <sub>imp</sub>	-
Tensión de cobrado DC (N-T)	350 V
Nivel de protección U <sub>p</sub> (F-N)	0,5 kV
Nivel de protección U <sub>p</sub> (N-T)	1,0 kV
Tiempo de respuesta t <sub>a</sub> (F-N/N-T)	25 ns
Datos para su instalación	
Sección recomendada cables de conexión	Cu 5,77 mm <sup>2</sup>
Protección recomendada	MCB Curve C o falble (1 a 15A)
Características envolvente	Termoplástico
Método de montaje	Carril DIN 35mm
Tº de trabajo	-40 °C ... +80 °C
Grado de protección IP	IP20
Categoría de localización	Interior
Peso (Kg)	0,36
Dimensiones (mm) (Alto x Ancho x Profund.)	4 módulos DIN (90 x 72 x 66)

**Anexo 4. Características eléctricas del TVSS Tipo 2.**

Anexo 5



Anexo 5. Diagrama 2D de tablero de distribución secundario de Instalación.

**Anexo 6**

Nro.	Tipo	Frecuencia	Descripción	Derivación a correctivo
1	Limpieza a los tableros de eléctricos.	De 6 a 8 meses	Consiste en limpiar con la ayuda de una brocha pequeña o una sopladora de mano; por todo el tablero, cables y componentes eléctricos ya sea el principal o el secundario.	No requiere.
2	Quitar humedad y corrosión	De 6 a 8 meses	Consiste en aplicar un agente químico ya sea Contact Cleaner, para quitar la humedad y prevenir la corrosión en partes de contacto eléctrico. En caso de presenciar corrosión usar algún agente químico específico para quitar la corrosión.	En caso de que no se solucione la corrosión ya sea en cable o protección eléctrica, se debe reemplazar el elemento.
3	Inspección visual	De 3 a 6 meses	Se debe verificar de manera visual los componentes y cables, que estén en perfecto esta de funcionamiento. Ya que pueden estar quemados o malogrados, o en el caso del TVSS mostrara un cambio en la identificación o luz de Verde a rojo en el caso de mal estado.	En caso de observar algún componente o cable quemado o malogrado se debe reemplazar el mismo considerando las mismas especificaciones y características.

4	Medición de corrientes y voltajes	De 3 a 6 meses	Se debe verificar que los valores de voltajes y corrientes se den dentro de los rangos establecidos en la tabla 10, con la ayuda de un multímetro o una pinza amperimétrica.	En caso de anomalías se puede tratar de alguna sobrecarga o problema con la carga. Puede tratarse de algún otro problema que puede encontrarse la solución aplicando los mantenimientos del 1 al 3.
5	Verificación del estado de Tierra física	De 6 a 8 meses	Se debe verificar el estado de la tierra primero de manera visual; verificando que no esté con impurezas o humedad. Verificar la resistencia de la tierra con la ayuda del Megger y el método de los 4 polos descrito en este documento.	En caso de notar imperfección o humedad realizar el mantenimiento 1 y 2. Si se encuentra la resistencia fuera de rango se debe aplicar el solvente mejorador de suelo de acuerdo con cómo se lo explico en el análisis de resultados.

**Anexo 6. Mantenimiento General del proyecto**

