

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO  
DE LAS REDES DE TIERRA EN EL CAMPUS  
DE ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL.  
PROPUESTAS DE MEJORA.**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:  
ING. CARLOS ROBERTO BARRIENTOS MÓNICO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2018





ISBN 978-99961-50-66-1

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO  
DE LAS REDES DE TIERRA EN EL CAMPUS  
DE ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL.  
PROPUESTAS DE MEJORA.**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:  
ING. CARLOS ROBERTO BARRIENTOS MÓNICO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2018



**Rectora**

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

**Vicerrector Académico**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrectora Técnica Administrativa**

Inga. Frineé Violeta Castillo

**Dirección de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes, Director

Ing. David Emmanuel Ágreda

Sra. Edith Aracely Cardoza

**Coordinador Académico Escuela de  
Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

Téc. Rafael Mora Ruiz

621.317

B275e Barrientos Mónico, Carlos Roberto, 1957 -

sv Evaluación y diagnóstico del estado de las redes  
de tierra en el campus de ITCA-FEPADE Sede Central :  
Propuestas de mejora. / Carlos Roberto Barrientos  
Mónico -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. :  
ITCA Editores, 2018.  
23 p. : 28 cm.

ISBN 978-99961-50-66-1

1. Conexión a tierra (electricidad) –  
Investigaciones. 2. Conexión a tierra (electricidad) –  
Medidas de seguridad. 3. Prevención de accidentes.  
I. Título.

**Autor**

Ing. Carlos Roberto Barrientos Mónico

**Docentes Investigadores de Apoyo**

Téc. Carlos Geovany Meléndez Molina

Ing. Donato Remberto Henríquez Vega

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2018

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. Este informe de investigación no puede ser reproducido o publicado parcial o totalmente sin previa autorización de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Para referirse a este documento se debe citar al autor. El contenido de este informe es responsabilidad exclusiva de los autores.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

Tel: (503)2132-7423

Fax: (503)2132-7599

## CONTENIDO

|     |                                               |    |
|-----|-----------------------------------------------|----|
| 1.  | INTRODUCCIÓN .....                            | 4  |
| 2.  | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....               | 4  |
|     | 2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....             | 4  |
|     | 2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA..... | 4  |
|     | 2.3. JUSTIFICACIÓN.....                       | 6  |
| 3.  | OBJETIVOS .....                               | 7  |
|     | 3.1. OBJETIVO GENERAL: .....                  | 7  |
|     | 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....             | 7  |
| 4.  | HIPÓTESIS .....                               | 7  |
| 5.  | MARCO TEÓRICO .....                           | 7  |
| 6.  | METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....            | 9  |
| 7.  | RESULTADOS.....                               | 12 |
| 8.  | CONCLUSIONES .....                            | 15 |
| 9.  | RECOMENDACIONES .....                         | 16 |
| 10. | GLOSARIO .....                                | 16 |
| 11. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....               | 17 |
| 12. | ANEXOS.....                                   | 19 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de puesta a tierra consisten en la conexión a tierra de equipos o sistemas eléctricos y electrónicos, con el objetivo de evitar daños a personas o a otros dispositivos conectados al mismo sistema eléctrico. Debido a lo antes dicho, es necesario diseñar instalaciones, acoplándose al tipo de sistemas eléctricos a proteger, dimensionando los componentes de la puesta a tierra y tomando criterios de estándares establecidos regionalmente.

Esta investigación está orientada al estudio de las redes de tierra, normas y recomendaciones establecidas por el NEC<sup>1</sup> y la IEEE<sup>2</sup>, que orientan al diseño y el mantenimiento. Tiene como objetivo verificar que las instalaciones eléctricas de los edificios del campus ITCA-FEPADE Sede Central, no serán causantes de daños personales, equipos o a sistemas informáticos.

Estas normas proporcionan parámetros a los usuarios para asegurar un buen funcionamiento de los sistemas de puesta a tierra. También se conocerán conceptos básicos y términos aplicados en la rama de diseño eléctrico.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los daños en equipos electrónicos de comunicación, datos, cámaras y otros cuando la causa es por descargas eléctricas atmosféricas, posiblemente se deba a fallas de funcionamiento en las redes de puesta a tierra existentes en ITCA-FEPADE Sede Central.

### 2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

Actualmente el campus de ITCA-FEPADE cuenta con 11 edificios y 7 subestaciones trifásicas en media tensión, las cuales suministran la energía a los transformadores secos que alimentan eléctricamente a cada edificio (detalle de diagrama unifilar del campus, anexo 1).

Se realizaron mediciones de resistencia y corrientes de fuga en las redes de tierra de las subestaciones en media tensión. Estas se realizaron con dos medidores de resistencia de puesta a tierra marca Amprobe DGC-1000A (hoja técnica anexo 2) y medidor EXTECH 382252 (hoja técnica anexo 3), al igual que las tensiones en cada una de las subestaciones, obteniendo los datos que se muestran en la tabla 1.

---

<sup>1</sup> National Electric Code.

<sup>2</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers.

| DEL SUR<br>SUB<br>ESTACIÓN | VOLTAJE PRIMARIO<br>ENTRADA TRANSF. SECO |        |        | VOLTAJE SECUNDARIO<br>SALIDA TRANSF. SECO |        |        | VOLTAJE<br>TABLERO ELÉCTRICO |       |       |
|----------------------------|------------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------------|--------|--------|------------------------------|-------|-------|
|                            | L1, L2                                   | L1, L3 | L2, L3 | L1, L2                                    | L1, L3 | L2, L3 | L1, N                        | L2, N | L3, N |
| #1                         | 237                                      | 244.5  | 243    |                                           |        |        | 122.1                        | 219.1 | 122.3 |
| #2                         | 471                                      | 472    | 471    | 221.6                                     | 221.7  | 221.2  | 127                          | 126.6 | 126.9 |
| #3                         | 471                                      | 473    | 471    | 205.2                                     | 203.2  | 205.2  | 117.5                        | 117   | 117.3 |
| #4                         | 241.4                                    | 243.3  | 242    |                                           |        |        | 120.1                        | 213.3 | 119.7 |
| #5                         | 469                                      | 467    | 469    | 204.5                                     | 204.5  | 204.5  | 117.2                        | 117.5 | 117   |
| #6                         | 467                                      | 467    | 468    | 201                                       | 201    | 206    | 117                          | 114   | 117   |
| #7                         | 462                                      | 453    | 464    | 207                                       | 208    | 213    | 121                          | 121   | 118   |

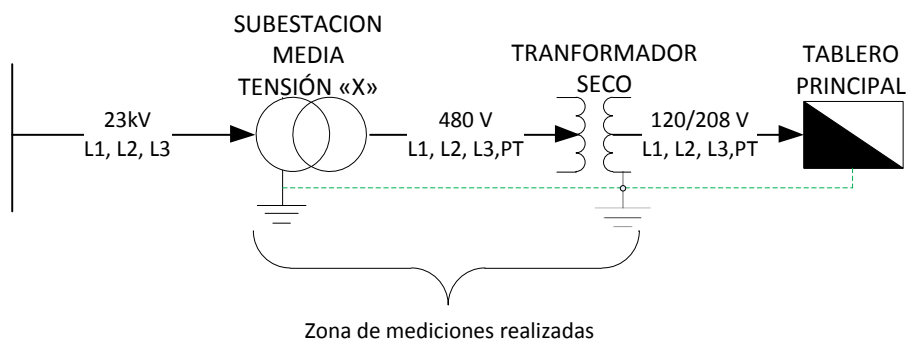
**Tabla 1.** Mediciones de subestaciones en baja tensión.

Las puestas a tierra de las subestaciones de media tensión hacia los transformadores de baja tensión están interconectadas y también con los tableros eléctricos de los edificios con el fin de obtener una efectiva protección eléctrica según la figura 1.

En mediciones previas realizadas con el apoyo del personal de mantenimiento de la institución, se obtuvieron los siguientes resultados de resistencia a tierra: los valores obtenidos dieron en el rango de  $0.5 \Omega$  a  $5 \Omega$ ;

Pero no existe interconexión eléctrica entre las redes de puesta a tierra de las subestaciones de media tensión como se muestra en la figura 2, tomando como muestra las subestaciones 1 a la 3. Esta información se basa en estudio previo realizado con los encargados de investigación y el personal de manteniendo de la institución, sin embargo, no se cuenta con los planos eléctricos del diseño de la red de tierra que respalden esta información.

Con las visitas realizadas a las tres subestaciones, se concluye que existen sistemas de puesta a tierra individuales las cuales podrían estar generando los daños a equipos de comunicación de datos en el campus, por lo que se necesita el levantamiento de todas estas redes de puesta a tierra en el lado de media tensión.



**Figura 1.**

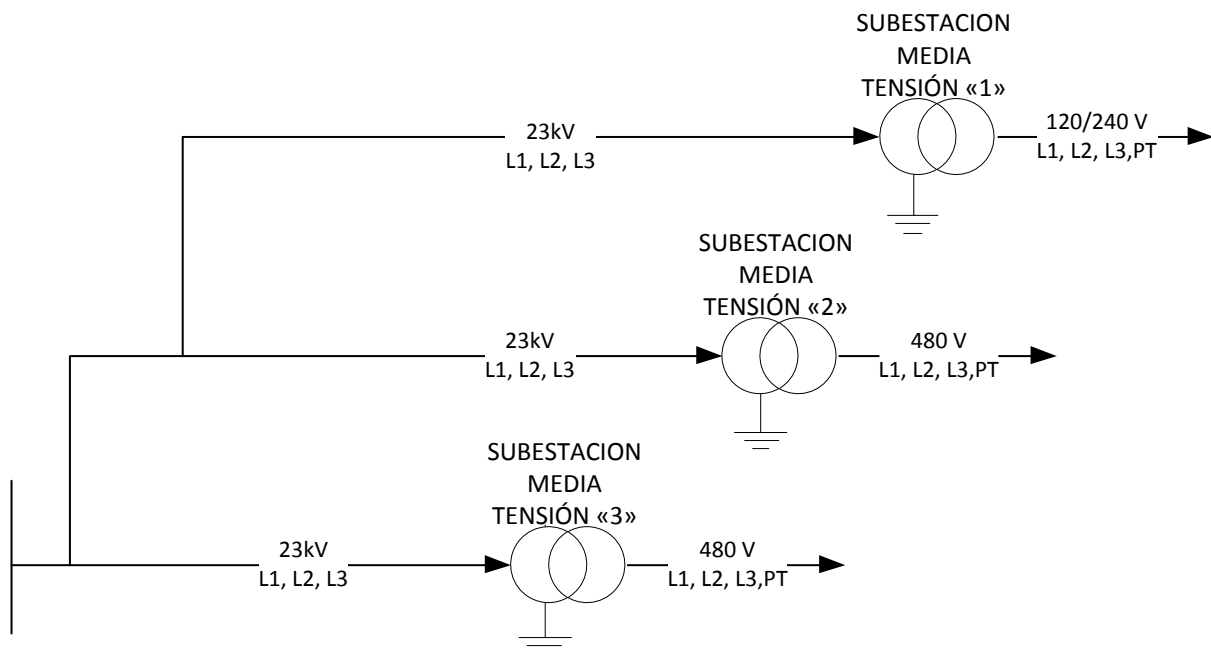


Figura 2.

### 2.3. JUSTIFICACIÓN

Para las gerencias de mantenimiento y de informática, los daños ocasionados a sus equipos representan pérdidas económicas, ineficiencia en los servicios que prestan, atrasos en el desarrollo de sus funciones y en fin una variedad de situaciones que no permiten el buen funcionamiento de todo el sistema informático.

Con esta investigación se pretende confirmar que algunos daños sedan por el mal funcionamiento de las redes de puesta a tierra.

Actualmente no se cuenta con la documentación, en la que se verifique las redes de tierra en el campus de ITCA-FEPADE, para verificar que cumplan con los estándares estipulados del NEC y la IEEE, o nos proporcione el tipo de conexión de cada edificio para asegurar un buen funcionamiento del sistema eléctrico.

Con respecto a lo antes descrito es de suma importancia documentar las condiciones actuales de red de puesta a tierra del campus, por lo que el objetivo de este documento es facilitar el estudio y mejoras de las mismas, evaluando el estado de las redes de tierra que poseen los edificios, ya que son parte fundamental para la continuidad de labores de la institución.

La existencia de las redes de puesta a tierra aisladas genera mal funcionamiento del sistema eléctrico provocando el deterioro de los equipos eléctricos, electrónicos al momento de presentarse una descarga atmosférica.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1.OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar las puestas a tierras y pararrayos del campus de ITCA-FEPADE Sede Central.

#### 3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Localizar las redes de puesta a tierra en el campus de ITCA-FEPADE para verificar el cumplimiento de la normativa relacionada (IEEE 80).
- Diagnosticar las condiciones eléctricas de los sistemas de puesta a tierra del campus para corregir los defectos que se encuentren.
- Localizar los tableros eléctricos que no cumplan las normativas de puesta a tierra para corregir defectos.
- Implementar plan piloto para corregir las fallas en el edificio E.

### 4. HIPÓTESIS

Por medio de esta investigación se pretende demostrar que las causas de los daños ocasionados a equipos electrónicos en relación con las redes de puesta a tierra.

### 5. MARCO TEÓRICO

La puesta a tierra es una combinación de componentes que son empleados para controlar las variables dentro de un sistema eléctrico cuando existe un desbalance o descarga atmosférica en la red eléctrica.

La importancia de los sistemas de puesta a tierra es:

- La disipación de picos de voltaje y estrés calorífico en los equipos.
- Proveer seguridad tanto al personal con los equipos en operación.
- Reducir las interferencias electromagnéticas de los sistemas informáticos.
- Facilitar la detección y despeje de fallas eléctricas.

Los sistemas de puesta a tierra influyen en la impedancia de los equipos eléctricos y electrónicos para facilitar el despeje de las corrientes de fallas por perturbaciones eléctricas.

La clasificación de los métodos de puesta a tierra depende del tipo falla a disipar. Los sistemas aislados, puesta a tierra a través de alta impedancia con inductores, son característicos por poseer bajas corrientes con lo cual se reduce el estrés calorífico en los dispositivos y puede permitir continuidad en las operaciones de los equipos durante la falla. Los sistemas de puesta a tierra sólida garantizan detección de fallas y reducción de sobretensiones durante la misma con lo que las corrientes de falla elevadas, provocando la desconexión de circuitos para evitar problemas de calentamiento, de sistemas de comunicación y riesgos a la integridad personal.

### Neutro aislado.

La forma más económica y sencilla de puesta a tierra es dejando el neutro del transformado aislado según la figura 2.

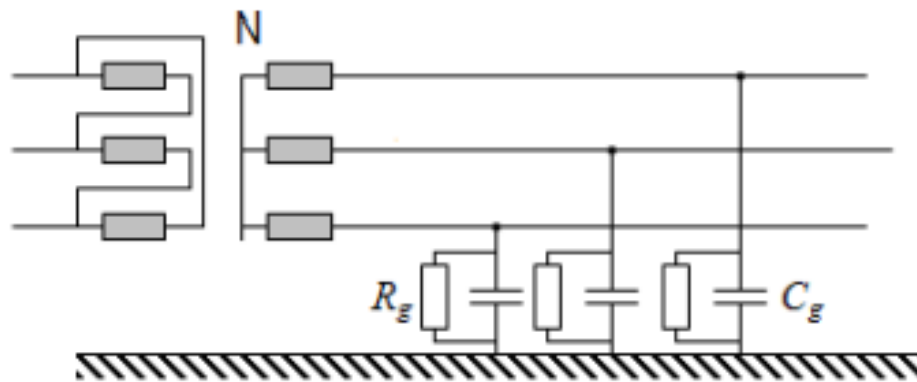


Figura 3. Conexión con neutro aislado.

En los sistemas de puesta a tierra aislados, el neutro no posee ninguna conexión física con tierra. La red es conectada con tierra a través de las capacitancias a tierra. Las fallas monofásicas línea a tierra cambian el voltaje del neutro creando desbalances de tensión en el sistema eléctrico.

### Sistemas sólidamente puestos a tierra

Para ser clasificados como un sistema sólidamente puesto a tierra tienen los neutros conectados a tierra sin ninguna impedancia intencional.

Las fallas a tierra en estos sistemas pueden generar altas magnitudes de corriente de falla que requieren la rápida operación y la interrupción de los circuitos eléctricos. La interrupción resultante y restauración del ciclo puede representar un problema a los dispositivos conectados al sistema eléctrico que son sensibles a las variaciones de voltaje.

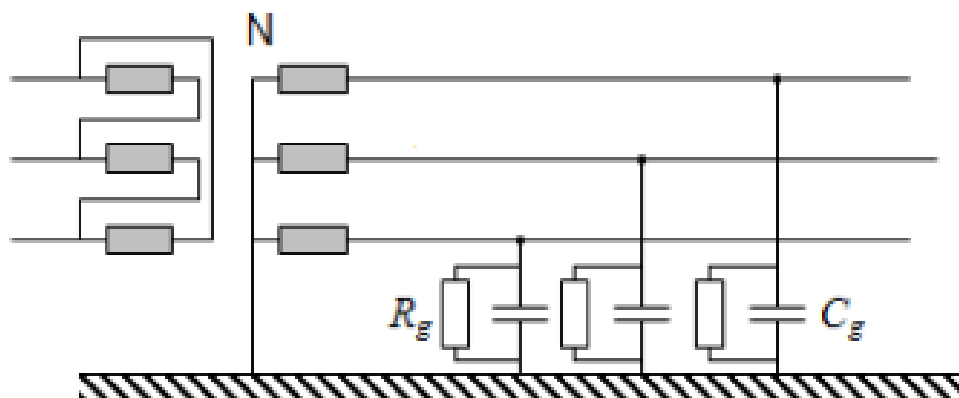


Figura 4. Neutro sólidamente conectado a tierra.

### Diferencia entre neutro y tierra.

La diferencia entre los dos elementos es que el neutro se implementa como retorno de la corriente de línea hacia alimentación.

Por consiguiente, la conexión de puesta a tierra es la conexión que se utiliza para que la corriente de falla o de descargas atmosféricas retorne a tierra para evitar daños a personales o a equipos eléctricos y electrónicos.

En el borne de neutro-tierra del tablero principal de suministro de la energía para el sistema eléctrico, proporciona una trayectoria de baja impedancia, para la corriente de falla, cerrando el circuito, lo que acciona el disparo de las protecciones térmicas.

si el conductor de tierra es utilizado como neutro de manera accidental, parte de la corriente de retorno fluirá en el conductor de tierra, generando un peligro potencial de choque eléctrico a personas cercanas a las instalaciones eléctricas.

### Sistema neutro-tierra incorrecto.

El voltaje entre el conductor neutro y tierra es un buen indicador para determinar la calidad del sistema de puesta a tierra. Si entre el conductor de tierra y el neutro hay presencia de corriente eléctrica se generará una diferencia de potencial entre los dos puntos, indicándonos un mal funcionamiento del sistema de puesta a tierra.

## 6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se realizó un recorrido por las siete subestaciones de media tensión, con el fin de inspeccionar y realizar un levantamiento del estado del sistema de puesta tierra del campus. Luego se procedió a realizar las mediciones de puesta a tierra teniendo como resultado los datos de la tabla 2.

| LUGAR DE MEDICIÓN                                              | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA | OBSERVACIONES                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Subestación 1<br>(Dentro del edificio A)                       | 0.5 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET)                                                                              |
| Subestación 2<br>(Costado oriente del edificio administrativo) | 0.5 $\Omega$                   | Se realizó un pozo para las mediciones de la puesta a tierra.                                                                                                                                                    |
| Subestación 3<br>(Costado sur del edificio B)                  | 12.1 $\Omega$                  | El telurómetro de gancho alertó la presencia de corriente a través del cable de puesta a tierra.<br><br>Con el amperímetro se midió una corriente de 1.037 A, lo que indica que parte de la corriente del neutro |



| LUGAR DE MEDICIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                          | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA | OBSERVACIONES                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                | de la subestación está retornando como corriente de fuga a través de la red de tierra.                                                                   |
| Subestación 4<br>(Costado poniente del edificio F)                                                                                                                                                                                                                                         | 5 $\Omega$                     | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET)                      |
| Subestación 5<br>(Costado sur del taller de mantenimiento)                                                                                                                                                                                                                                 | 1.3 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET)                      |
| Subestación 6<br>(Costado sur del edificio L)                                                                                                                                                                                                                                              | 4.8 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET)                      |
| Subestación 7<br>(Costado sur del taller de automotriz)                                                                                                                                                                                                                                    | 1.29 $\Omega$                  | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET)                      |
| Red de puesta a tierra para descargas atmosféricas instalada en el edificio E                                                                                                                                                                                                              | 7.0 $\Omega$                   | Esta dentro de los parámetros establecidos por la norma IEEE 80<br><br>Se detectó que esta red está aislada de la red de la subestación de baja tensión. |
| Red de puesta a tierra para descargas atmosféricas instalada en el edificio F                                                                                                                                                                                                              | 7.4 $\Omega$                   | Esta dentro de los parámetros establecidos por la norma IEEE 80<br><br>Se detectó que esta red está aislada de la red de la subestación de baja tensión. |
| En esta fase se detectó que las subestaciones no están interconectadas sus puestas a tierras entre sí, por lo que se decidió tomar como muestra conectar las subestaciones de la uno a la tres, ya que presentan mayor cantidad de eventos registrados según la gerencia de mantenimiento. |                                |                                                                                                                                                          |

Tabla 2. Mediciones de redes de puesta a tierra en media tensión

Una vez obtenidos los resultados de las subestaciones de media tensión, en cuanto a los valores de las redes de tierra se refieren; se procedió a inspeccionar y medir las condiciones de aterrizaje de las subestaciones de baja tensión ubicados en cada edificio. Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla 3.

| LUGAR DE MEDICIÓN         | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA | OBSERVACIONES                                                                                                                       |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Edificio Administrativo   | 6.5 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Auditorium Quiñónez       | 29.4 $\Omega$                  | La resistencia de puesta a tierra está fuera del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET). |
| Restaurante Mesón de Goya | 13.1 $\Omega$                  | La resistencia de puesta a tierra está fuera del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET). |
| Edificio A                | 6.5 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Edificio B                | 9 $\Omega$                     | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Edificio C                | 6 $\Omega$                     | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Edificio E                | 0.11 $\Omega$                  | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Edificio F                | 3.3 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Taller J                  | 18.6 $\Omega$                  | La resistencia de puesta a tierra está fuera del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET). |
| Edificio K                | 78.6 $\Omega$                  | La resistencia de puesta a tierra está fuera del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET). |

| LUGAR DE MEDICIÓN       | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA | OBSERVACIONES                                                                                                                       |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Edificio L              | 14.8 $\Omega$                  | La resistencia de puesta a tierra está fuera del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET). |
| Taller de mantenimiento | 1.3 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Taller de civil         | -- $\Omega$                    | No se localizó la red de puesta a tierra                                                                                            |
| Taller mecánico         | 4.6 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Taller de eléctrica     | 33 $\Omega$                    | La resistencia de puesta a tierra está fuera del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET). |
| Taller de automotriz    | 0.5 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |
| Taller CNC              | 0.7 $\Omega$                   | La resistencia de puesta a tierra está dentro del rango de valores según el reglamento de SIGET (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET) |

Tabla 3. Medición de puesta a tierra en transformadores de baja tensión.

## 7. RESULTADOS

El análisis de los parámetros que se detallan en las tablas 2 y 3, tales como resistencia de la puesta a tierra, son suficientes como para conocer la efectividad de las condiciones de las subestaciones del campus de ITCA-FEPAD, desde la equipotencialidad y protección de los equipos instalados en los tableros eléctricos, así como también la seguridad del personal que labora en las instalaciones.

Al evaluar el estado de las subestaciones de media tensión se detectó que están sus puestas a tierra aisladas entre sí no cumpliendo con lo que dicta la norma IEEE 80. En coordinación con la gerencia de mantenimiento se investigó la recurrencia de eventos de fallas eléctricas y resultando las subestaciones 2 y 3 con mayor índice de manteamientos correctivos.

Por tal motivo se realizó un proyecto en conjunto con la gerencia de mantenimiento de equipotenciar las puestas a tierras de las subestaciones 1 hasta la 3 como se muestra en la figura 5.

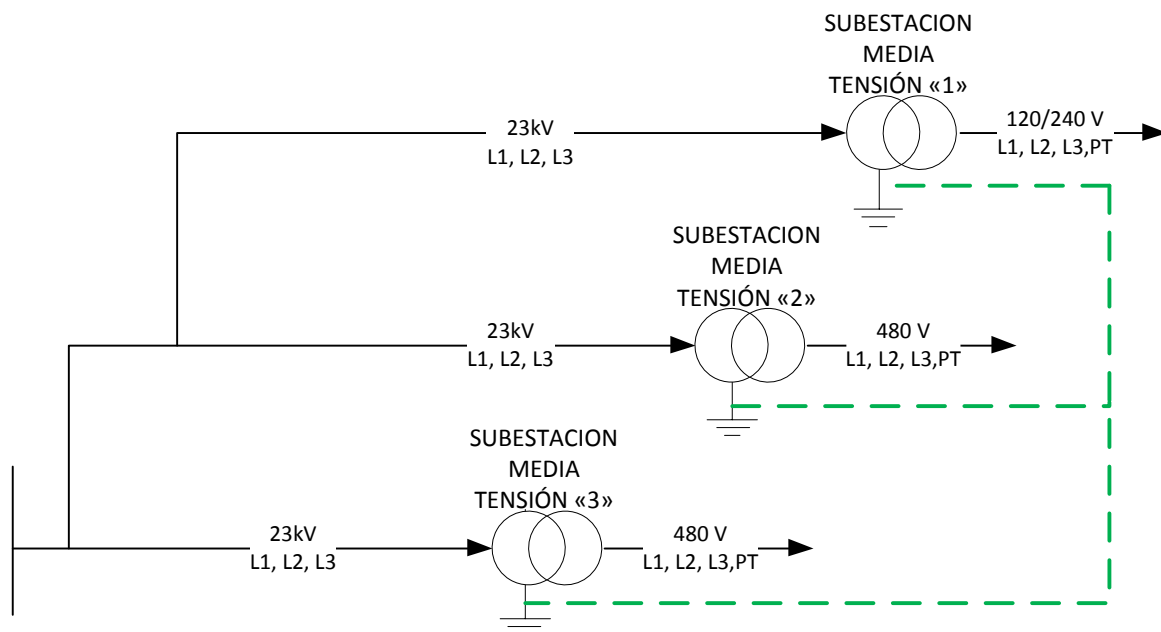


Figura 5. Interconexión de puestas a tierras de subestaciones en media tensión.

Con esta medida se mejoró el funcionamiento de las tres subestaciones interconectadas reduciendo los eventos provocados por diferencias de potencial entre las redes de puesta a tierra.

En la inspección de las puestas a tierras de los transformadores de baja tensión se detectó en el edificio C una alta temperatura fuera de los rangos establecidos por el dato de placa del transformador. Con lo que se realizó un estudio termográfico proporcionándonos las siguientes mediciones que se muestran en la figura 6.



Figura 6. Estudio termográfico transformador edificio C.

Como se puede mostrar en la figura 6, el bobinado intermedio del transformador se midió el gradiente de temperatura más alto con factor de carga de 50%, se procedió a balancear las cargas del edificio, sin tener algún cambio en las temperaturas del transformador.



Con estos datos obtenidos se coordinó con gerencia de mantenimiento un estudio de calidad de la energía en el edificio C, proporcionándonos los siguientes resultados.

#### Perfil de medición de corriente:

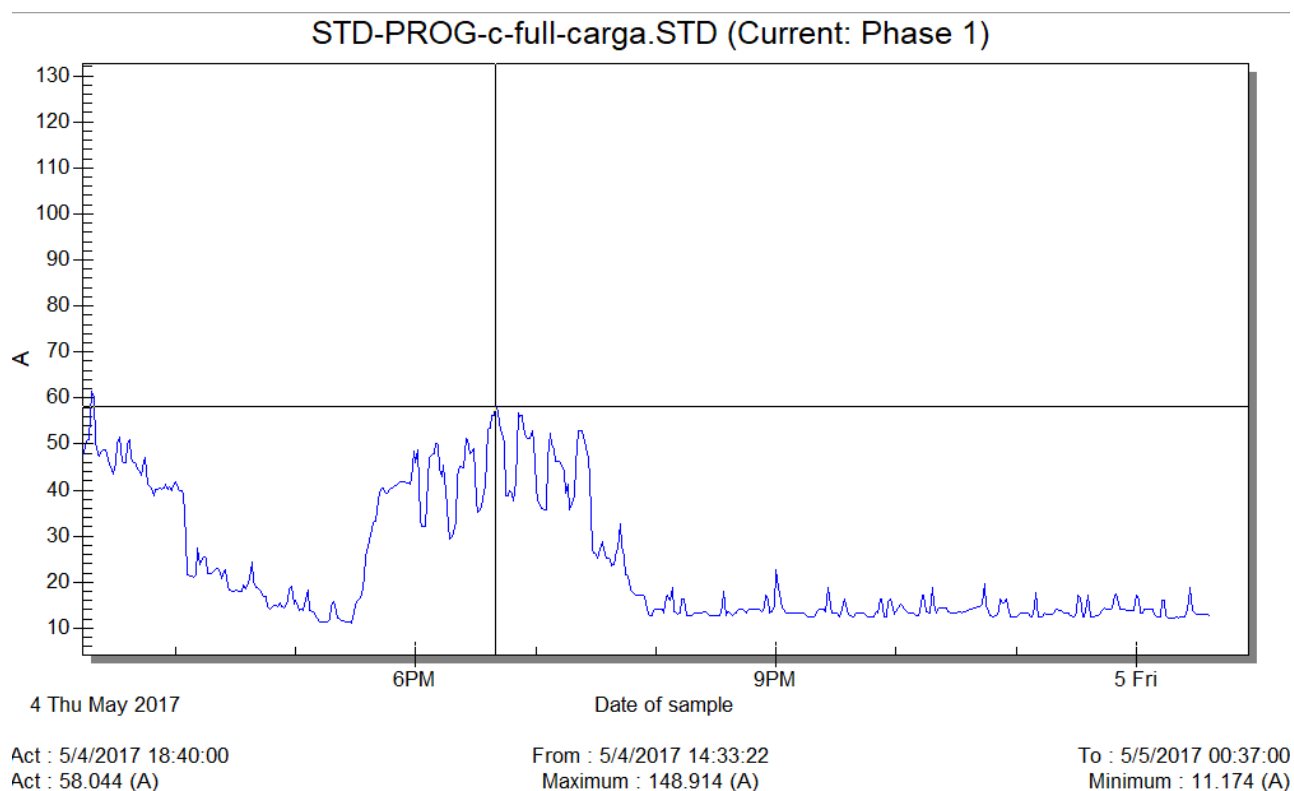


Figura 7. Medición de corriente registrado en el edificio C.

Durante el periodo de medición (4 al 5 de mayo del 2017) se registró una corriente promedio de 58 A, del lado secundario del transformador seco (capacidad de 75 Kva), este dato está dentro de su capacidad (corriente máxima = 208 A); pero el transformador llegó a una temperatura de 121°C (Figura 6) que no es normal para su régimen de carga. Esto nos da la sospecha de la presencia de componentes armónicas las cuales se podrían estar generando en los centros de cómputo del edificio C.

#### Perfil de armónicos:

Se observa que las componentes que predominan son la 3ra (45% de la corriente nominal), 5ta (16% de la corriente nominal) armónica los cuales son generados por equipos electrónicos instalados en el edificio C dando como resultado el calentamiento del transformador. Los valores de armónicas permitidas por la para no causar daño en la red eléctrica vienen dados en la tabla 5 del normativo SIGET capítulo IV (ANEXO 5).

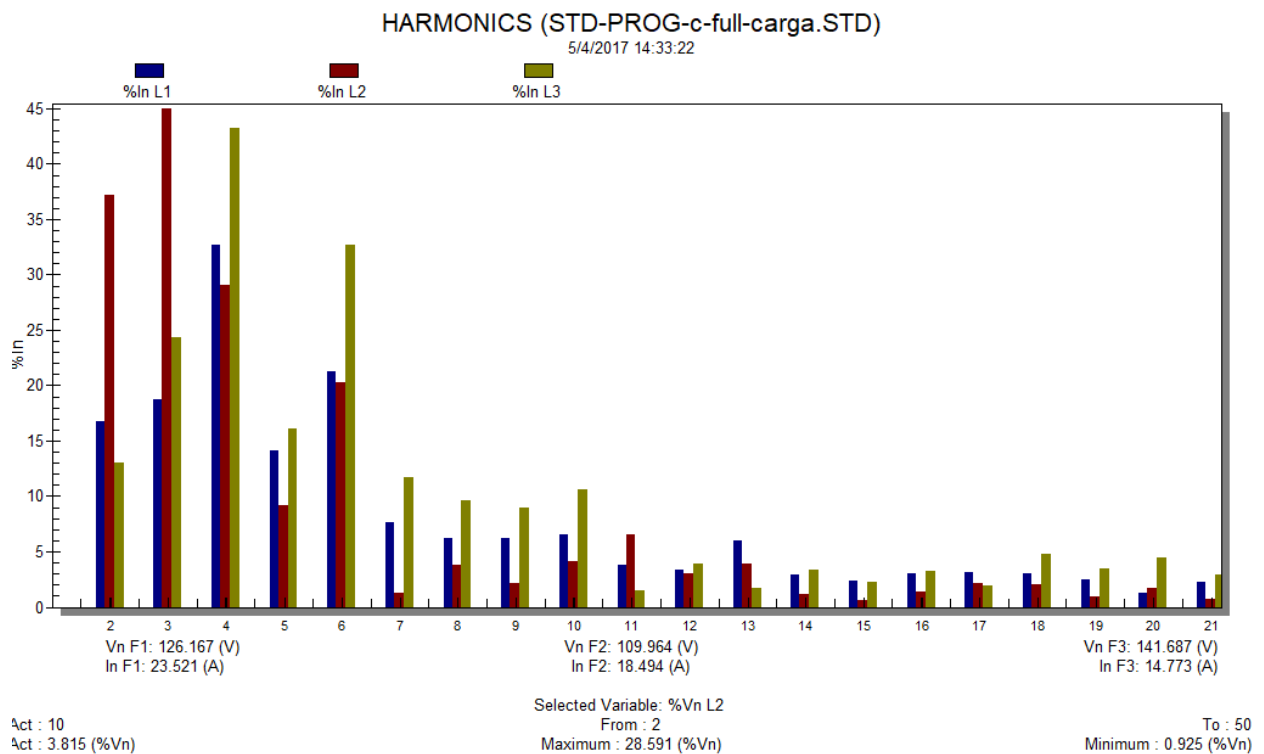


Figura 8. Histograma de armónicos individuales en las instalaciones del edificio C.

## 8. CONCLUSIONES

- En la inspección con el encargado de mantenimiento eléctrico de la equipotencialidad a cada uno de los subtableros de los edificios, se encontraron con el puente entre el neutro y tierra, las cuales se retiraron, asegurando que el tablero principal sea el único camino de las fallas eléctricas hacia la puesta a tierra.
- Se atenuaron los picos, fluctuaciones de energía eléctrica que dañan el funcionamiento de los equipos electrónicos.
- Las mediciones de puesta a tierra en las subestaciones eléctricas en algunos casos no fueron las adecuadas, haciendo énfasis en la del Edificio K la cual registro un valor de 78 ohm.
- La unión de las tierras físicas entre las subestaciones 1 a la 3, mejoró el funcionamiento del sistema eléctrico y reduciendo el disparo de las protecciones por diferencias de potencial y transitorios ocasionados por la empresa distribuidora de la energía.
- La presencia de los armónicos en los sistemas eléctricos afecta directamente a los transformadores eléctricos de baja tensión incrementando su temperatura a valores fuera de sus datos nominales.
- Se implementó la soldadura exotérmica para reforzar las redes de tierra de la subestaciones 1 la 3.

## 9. RECOMENDACIONES

- En el numeral 3 de la tabla 2, la corriente de fuga medida en línea de puesta a tierra se llevó a un valor de cero amperios; haciendo la corrección correspondiente: se unieron las líneas de tierra de las subestaciones 1, 2 y 3 como corresponde según el código eléctrico nacional (NEC) en el artículo 250
- Interconectar eléctricamente las diferentes puestas a tierra de las subestaciones 4, 5, 6, 7, tal como se realizó con la prueba en las subestaciones 1 a la 3.
- Para las redes de puesta a tierra indicadas en la tabla 3, de los edificios: Auditórium Quiñónez, Restaurante Mesón de Goya, Taller J, Edificio K, Edificio L, Taller de civil, Taller de eléctrica, se recomienda realizar una nueva porque el valor medido esta fuera del rango establecido por la norma técnica nacional (Tabla N° 22 Normas técnicas SIGET).
- Se recomienda realizar más pozos de medición, para el monitoreo del valor de las puestas a tierra de las subestaciones de media y baja tensión.
- Comprar un probador de pinza de puesta a tierra para realizar las inspecciones rutinarias de las redes de puesta a tierra para su posterior mantenimiento.
- Con los resultados obtenidos se recomienda elaborar un plan de mejora de las puestas a tierra para poder ejecutarse en corto y mediano plazo, tomando como referencia las mediciones realizadas en este documento tabla #3.
- Realizar una interconexión efectiva entre las redes de puesta tierra tanto en edificios como en las subestaciones, es necesario realizar esta recomendación ya que hay tierras independientes las cuales pueden generar diferencia de potencial y dañar equipos sensibles.
- Monitorear la fuente de armónicos para implementar en mejor método para erradicarlos para programar la evaluación de los transformadores eléctricos y medir su curva de rendimiento.

## 10. GLOSARIO

**Acometida:** conductores y equipo necesario que conectan la red de distribución del alimentador con la instalación del usuario.

**Aislamiento:** interrupción de la continuidad eléctrica.

**Ampacidad:** capacidad de un conductor para transportar corriente en forma segura.

**Arco eléctrico:** descarga de electricidad a través de un medio conductor, gas.

**Barra de neutro-tierra:** barra colectora, o bus, donde se hace la conexión del conductor neutro con el conductor de tierra.

**Cable:** conjunto de conductores eléctricos (alambres) envueltos dentro de un material o recubrimiento aislante.

**Circuito equilibrado:** circuito simétrico con respecto a tierra.

**Conductor de tierra de equipo:** llamado tierra de seguridad. El conductor usado para conectar partes que no transportan corriente: ductos, equipos o cubiertas al electrodo de tierra en el equipo de servicio o el devanado secundario de un sistema de alimentación derivado en forma separada.

**Conductor de electrodo de tierra:** el conductor utilizado para conectar el electrodo de tierra al conductor de tierra del equipo y al conductor conectado a tierra, o a ambos, en el equipo de servicio.

**Conectado a tierra de forma efectiva:** conexión intencional a tierra de baja impedancia y con suficiente capacidad para transportar corriente y prevenir la formación de voltaje que puede dañar a personas o equipos.

**Corriente de tierra:** corriente que circula en el conductor de tierra.

**Equipo:** término general que incluye accesorios de montaje, aparatos y componentes que forman parte de una instalación eléctrica.

**Impedancia:** la oposición al paso de una corriente eléctrica. Se expresa en ohms y es una combinación de la resistencia R y de la reactancia X.

**Ohm:** unidad de resistencia eléctrica, equivalente a la resistencia en la cual un potencial de un Volt mantiene una corriente de un ampere. Nombre dado en honor de Geroge Simon Ohm (físico alemán).

**Pararrayos:** dispositivos de protección para edificios o estructuras contra los efectos de las descargas atmosféricas (rayos) que pueden indicar sobre los puntos más altos de los mismos.

**Polarización:** variación de potencial de un suelo debido a un flujo de corriente. Estos potenciales de polarización, comúnmente se usan en el estudio de la protección catódica.

**Sobrecarga:** operación de un equipo por arriba de su capacidad normal o de un conductor por arriba de su ampacidad.

**Sobrevoltaje:** un incremento en el voltaje RMS de ca, a frecuencias de alimentación y duración mayores de dos segundos, a diferencia de subida o caída temporal de voltaje.

**Tierra física:** conexión conductiva, ya sea intencional o accidental, entre el circuito o equipo eléctrico y la tierra, o cualquier cuerpo que haga las veces de la tierra.

**Voltaje nominal:** valor asignado a un circuito o sistema como conveniencia para designar su clase de voltaje, por ejemplo: 120/240 V, 480/277 V.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Enríquez Harper, Gilberto  
Manual de aplicación del reglamento de instalaciones eléctricas  
LIMUSA  
México, 1999

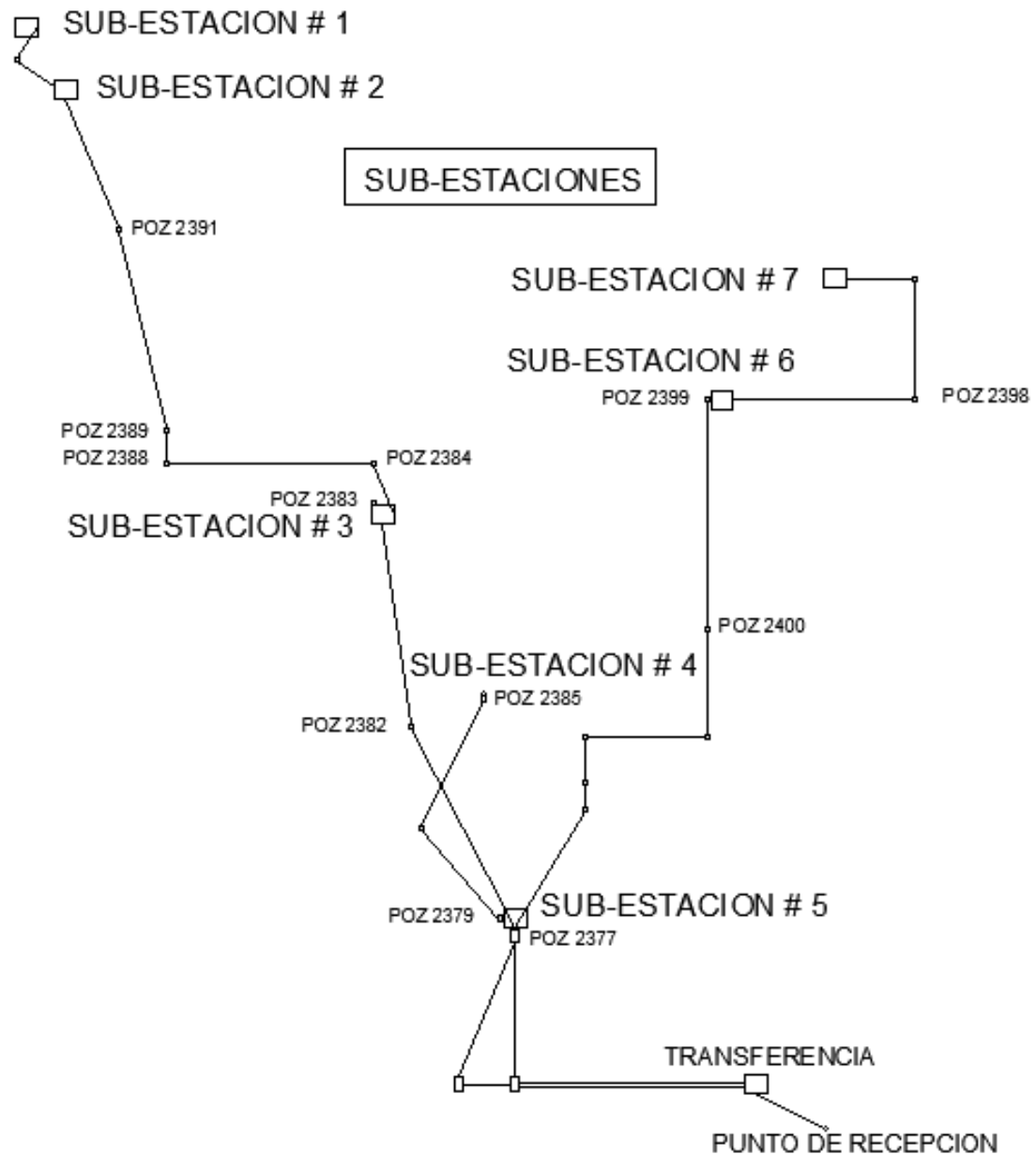
Torres - Sanchez, Horacio  
Protección contra rayos  
ICONTEC  
Bogotá, 2008.



ANSI / IEEE Standard 80-2000 Guide for Safety in AC Substations Grounding. (revisión de la IEEE Std 80-1986).

ANSI / IEEE Std 142™-2007 Grounding of Industrial and Commercial Power Systems  
(Revision of IEEE Std 142-1991)

## 12.ANEXOS



ANEXO 1.



## DGC-1000A Clamp-on Ground Resistance Tester



**User-friendly and accurate. Think safety first and Amprobe's DGC 1000 ground resistance tester second.**

- Accurate ground resistance measurement from 0.025 to 1500  $\Omega$
- TRMS current measurement including leakage current
- Accurate readings regardless of power quality in less than 10 seconds
- Continuity beep if the resistance is lower than 40.00
- Data logging capability - 116 records
- Individual data point recording
- User selectable High & Low ohm audible alarms  $\Omega$
- Simple and easy to use, no test leads or auxiliary electrodes necessary
- Safety: CAT III 300V, CAT II 600V



| FEATURES          | RANGE & RESOLUTION*                                                               | ACCURACY              |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Ground Resistance | 0.025 - 0.250, 9.999, 99.99, 199.9, 400.0, 600.0, <b>1500 <math>\Omega</math></b> | $\pm 2\%$ Rdg + 2 LSD |
| AC Current        | 0.200 - 1.000, 10.00, 100.0, 1000 mA and 0.2 - <b>10.00A</b>                      | $\pm 2\%$ Rdg + 2 LSD |

| REPLACEMENT PARTS <small>(supplied with product)</small> | PART NUMBER |
|----------------------------------------------------------|-------------|
| Carrying bag                                             | CC-ACDC     |
| Instruction Manual                                       |             |

\*We use a special notation to indicate range AND resolution using a single number. For example: number 40.00 indicates range of 40 and resolution 0.01 (two digits after the point with the 1 as an increment, unless otherwise specified).

### ANEXO 2.

## Earth Ground Resistance Tester Kit

 **Includes all hardware necessary to measure earth ground**  
In 3 ranges from 20 to 2000Ω

### Features:

- Large dual display with backlight
- Test Hold function for easy operation
- Automatic Zero adjustment
- AC/DC Voltage, Resistance, and Continuity
- Auto Power off
- Overrange and low battery indication
- Complete with test leads, 2 auxiliary earth bars, carrying case, protective rubber holster and six 1.5V AA batteries



| Specifications                 |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Earth Ground Resistance ranges | 20Ω / 200Ω / 2000Ω               |
| Basic Accuracy                 | ±(2%rdg+2d)                      |
| Resolution                     | 0.01Ω / 0.1Ω / 1Ω                |
| Test Current / Frequency       | <2.5mA / 820Hz                   |
| AC Earth Voltage / Frequency   | 0 to 200VAC / 50 to 400Hz        |
| Accuracy                       | ±(3%rdg+3d)                      |
| DC Voltage                     | 0 to 1000V                       |
| Accuracy                       | ±(0.8%rdg+3d)                    |
| Resistance                     | 0 to 2000kΩ                      |
| Accuracy                       | ±(1%rdg+2d)                      |
| Continuity                     | 40Ω                              |
| Power supply                   | Six 1.5V 'AA' Batteries          |
| Dimensions                     | 7.9 x 3.6 x 2" (200 x 92 x 50mm) |
| Weight                         | 1.5lbs (700g) (meter only)       |

### Ordering Information:

382252.....Earth Ground Resistance Tester Kit  
382252-NIST .....382252 with Calibration Traceable to NIST.  
382253.....Replacement Earth Bars (2pk)  
382254.....Replacement Set of Leads



[www.extech.com](http://www.extech.com)

Specifications subject to change without notice.  
Copyright © 2010 Extech Instruments Corporation. All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. 10/11/10 - R1

ANEXO 3.

# AR5-L

Analizador portátil de redes eléctricas trifásicas y monofásicas



## Descripción

- Mide todos los principales parámetros eléctricos de una red eléctrica
- Mide en verdadero valor eficaz
- Contador de energía incorporado
- Con 4 canales de tensión y 4 de corriente
- Autotrigger configurable según las magnitudes que se deseen
- Idiomas: español e inglés
- Display retroiluminado LCD, de gran tamaño
- CAT III 600 V (EN 61010). Certificado UL
- Visualización de hasta 30 parámetros eléctricos en pantalla
- Pequeño tamaño y reducido peso, solo 800 g.
- Ficheros independientes para cada medida
- Incluye potente software de análisis: **POWER VISIÓN PLUS**
- Configurable mediante menú
- Posibilidad de trabajar sin alimentación externa con una autonomía de hasta 8 horas
- Comunicación RS-232 con PC
- Autodetección de pinzas
- Autoselección de parámetros a guardar
- Cálculo del tiempo restante hasta llenado de memoria
- Memoria lineal o memoria rotativa (según configuración)

## Características

|                                                     | AR5-L                                                                                  |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Circuito de alimentación</b>                     |                                                                                        |
| A través de alimentador externo                     | 100...240 V c.a. / 12 V c.c.                                                           |
| Frecuencia                                          | 50...60 Hz                                                                             |
| Consumo                                             | 15 V A                                                                                 |
| Temperatura de uso                                  | 0...+40 °C                                                                             |
| Altitud                                             | ≤ 2000 m                                                                               |
| Humedad de funcionamiento                           | 80 % para temperaturas inferiores a 31 °C, disminuyendo linealmente hasta 50 % a 40 °C |
| <b>Circuito de medida</b>                           |                                                                                        |
| Grado de contaminación                              | 2                                                                                      |
| <b>Circuito de tensión</b>                          |                                                                                        |
| Rango de medida                                     | Según pinza de 0,01 A...20 kA                                                          |
| Relaciones de transformación de tensión y corriente | Programable                                                                            |
| Unidades de medida                                  | Cambio de escala automático                                                            |
| Memoria interna                                     | 1 Mb                                                                                   |
| <b>Clase de precisión (*)</b>                       |                                                                                        |
| Tensión                                             | 0,5 % ±2 dígitos                                                                       |
| Corriente                                           | 0,5 % ±2 dígitos                                                                       |
| Potencia activa                                     | 1 % ±2 dígitos                                                                         |
| Potencia reactiva                                   | 1 % ±2 dígitos                                                                         |
| <b>Características constructivas</b>                |                                                                                        |
| Carcasa                                             | Aislamiento reforzado                                                                  |
| Teclado / display                                   | En panel frontal                                                                       |
| Display                                             | LCD 160 x 160 píxeles (retroiluminado)                                                 |
| Conector pinzas corriente                           | 3 / 4                                                                                  |
| Dimensiones                                         | 220 x 60 x 130 mm                                                                      |
| Peso                                                | 800 g                                                                                  |
| Salida RS-232                                       | Salida serie                                                                           |



| Orden de la armónica<br>(n)                   |     | Potencia < 3.5 kW                                     | Potencia $\geq 3.5$ kW                                |
|-----------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                               |     | Intensidad de la<br>Componente Armónica<br>(amperios) | Distorsión Armónica<br>Individual de Corriente<br>(%) |
| Órdenes<br>impares no<br>múltiplos de 3       | 5   | 2.28                                                  | 12.0                                                  |
|                                               | 7   | 1.54                                                  | 8.5                                                   |
|                                               | 11  | 0.66                                                  | 4.3                                                   |
|                                               | 13  | 0.42                                                  | 3.0                                                   |
|                                               | 17  | 0.26                                                  | 2.7                                                   |
|                                               | 19  | 0.24                                                  | 1.9                                                   |
|                                               | 23  | 0.20                                                  | 1.6                                                   |
|                                               | 25  | 0.18                                                  | 1.6                                                   |
|                                               | >25 | 4.5/n                                                 | 0.2+0.8*25/n                                          |
| Órdenes<br>impares<br>múltiplos de 3          | 3   | 4.60                                                  | 16.6                                                  |
|                                               | 9   | 0.80                                                  | 2.2                                                   |
|                                               | 15  | 0.30                                                  | 0.6                                                   |
|                                               | 21  | 0.21                                                  | 0.4                                                   |
|                                               | >21 | 4.5/n                                                 | 0.3                                                   |
| Órdenes pares                                 | 2   | 2.16                                                  | 10.0                                                  |
|                                               | 4   | 0.86                                                  | 2.5                                                   |
|                                               | 6   | 0.60                                                  | 1.0                                                   |
|                                               | 8   | 0.46                                                  | 0.8                                                   |
|                                               | 10  | 0.37                                                  | 0.8                                                   |
|                                               | 12  | 0.31                                                  | 0.4                                                   |
|                                               | >12 | 3.68/n                                                | 0.3                                                   |
| Distorsión Armónica Total<br>de Corriente (%) |     | --                                                    | 20                                                    |

ANEXO 5: Normativo de la SIGET.





## **VISIÓN**

*Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.*

## **MISIÓN**

*Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.*

## **VALORES**

**EXCELENCIA:** *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

**INTEGRIDAD:** *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

**ESPIRITUALIDAD:** *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

**COOPERACIÓN:** *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

**COMUNICACIÓN:** *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*



## SEDE Y REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### **1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA**

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.

Tel.: (503) 2132-7400

Fax: (503) 2132-7599

### **2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA**

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.

Tel.: (503) 2440-4348

Tel./Fax: (503) 2440-3183

### **3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN**

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión

Tel.: (503) 2668-4700

### **4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA**

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.

Tel.: (503) 2334-0763 y

(503) 2334-0768

### **5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL**

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.

Tel.: (503) 2669-2298

Fax: (503) 2669-0061