



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales
de voz en los enlaces de telecomunicaciones

AUTOR:

Ing. EDGAR RAUL QUEZADA CALLE

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de

MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

MsC. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 19 días del mes Mayo año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster Edgar Raul Quezada Calle como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, a los 19 días del mes Mayo año 2017

DIRECTOR DE TESIS

MsC. Manuel Romero Paz

REVISORES:

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MsC. Manuel Romero Paz



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, Edgar Raul Quezada Calle

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación “Incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz, en los enlaces de telecomunicaciones”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 19 días del mes Mayo año 2017

EL AUTOR

Ing. Edgar Raul Quezada Calle.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, Edgar Raul Quezada Calle

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulado: “Incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz, en los enlaces de telecomunicaciones”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 días del mes Mayo año 2017

EL AUTOR

Ing. Edgar Raul Quezada Calle

REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the URKUND web interface. At the top, the browser address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/25868708-506956-784646#q1bKLvayijYzi9VRKs5Mz8tMy0xOzEtOVblyODMwMDY0NLUwNDMzNz>. The page title is "URKUND".

Documento: [Quezada TESIS 1 ING PHILCO.docx](#) (D26088375)

Presentado: 2017-02-28 19:42 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: Fwd: Trabajo de titulación Ing. Quezada corregido [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de esta aprox. 26 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes:

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	PLAN DE NEGOCIOS PABLO NAVARRETE PROCEL.docx
99%	y las partes conductores energizadas; o, c) Con aislamiento apropia...
	http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3122/sistem...
98%	Existen cuatro fuentes básicas de falla: las descargas eléctricas atm...
	http://repositorio.uto.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2568

Bloques:

99% #34 Activo

susceptibles a fallar en caso de falla, para prevenir su deterioro por sobrecalentamiento, así como todo riesgo de incendio proveniente de ese sobrecalentamiento.

Art. 6.- Prohibición de utilizar la tierra como parte de un circuito activo.- Está prohibido utilizar como parte de un circuito activo la tierra, un conductor de protección, una canalización o cubierta metálica, o una estructura metálica que sea parte de una construcción.

Art. 7.- Instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de incendio o explosión.- Los equipos e instalaciones eléctricas situados en lugares con riesgos de incendio o explosión, estarán contruidos o instalados de tal forma que se impida el origen de tales siniestros.

Art. 8.- Instalaciones eléctricas en locales de características especiales.- En lugares húmedos, mojados, con riesgos de corrosión, sometidos a altas o bajas temperaturas y en cualquier otro lugar sometido a condiciones especiales, las

Art. 6.- Prohibición de utilizar la tierra como parte de un circuito activo.- Está prohibido utilizar como parte de un circuito activo la tierra, un conductor de protección, una canalización o cubierta metálica, o una estructura metálica que sea parte de una construcción.

Art. 7.- Instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de incendio o explosión.- Los equipos e instalaciones eléctricas situados en lugares con riesgos de incendio o explosión, estarán contruidos o instalados de tal forma que se impida el origen de tales siniestros.

Art. 8.- Instalaciones eléctricas en locales de características especiales.- En lugares

Dedicatoria

En estos días de profunda meditación y del porvenir de días mejores en la vida de los ecuatorianos, dedico este trabajo al mejor amigo que he tenido el cual nunca me ha abandonado aunque yo a él si a ti Mi Dios Todo Poderoso, por darme una nueva oportunidad de vida y regalarme la fortuna más grande de mi vida y que todos los seres humanos deseáramos tener el amor, de la mujer que ha sabido llevarme por el camino de la superación a ti mi esposa amada Maribel de Lourdes Herrera por ti y para ti va este empezar de nuestras vidas, gracias por ser tan paciente y bondadosa con este tu servidor y bienpreciado esposo.

Agradecimientos

A lo largo de este camino profesional, he conocido a un sin número de profesionales, pero primero enunciaré y agradeceré a Nuestro Señor el más grande de todos tu Mi Dios. Luego a mi esposa la que me ha tolerado día a día el antes y después de esta historia, que comenzó cuando llegue a esta hermosa y coloquial ciudad Guayaquil en 1997.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS

TUTOR

f. _____

PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO

REVISOR

f. _____

CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO

REVISOR

f. _____

ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Contenido	
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS	XIV
Resumen.....	XV
Abstract	XVI
Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.	17
1.1. Introducción.....	17
1.2. Antecedentes.	17
1.3. Justificación del Problema a Investigar.	18
1.4. Definición del problema	18
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo General:.....	19
1.5.2. Objetivos específicos:	19
1.6. Hipótesis	19
1.7. Metodología de investigación.	19
Capítulo 2: Fundamentación Teórica.....	21
2.1. Introducción a los sistemas de puesta a tierra.....	21
2.2. Funciones de los SPT.	21
2.3. Efectos en equipos de telecomunicaciones, sin un SPT	22
2.4. Efectos de las descargas en los seres humanos.	23
2.5. Fundamentos de puesta a tierra SPT.....	26
2.5.1. Conductores	26
2.5.2. Electrodo.....	30
2.5.3. Pararrayos.....	37
2.6. Solda exotérmica.....	38
2.7. Métodos para medir la resistividad del suelo	40
2.7.1. Método de Wenner	40
2.7.2. Método de Schlumberger – Palmer.....	44
2.8. Sistema de puesta a tierra y pararrayos.....	44
2.8.1. Pararrayos.....	45
2.8.2. Sistema de puesta a tierra	46

2.8.3.	Varillas de cobre.....	46
2.8.4.	Suelda exotérmica.....	47
2.9.	Medición de resistividad del terreno.....	47
2.10.	Medición de SPT.....	49
2.11.	Instrumento y materiales de medición.	50
2.12.	Leyes que rigen a los sistemas de puesta a tierra	51
Capítulo 3: Equipos de comunicación de voz sensibles a descargas eléctricas.....		55
3.	Multiplexor Marconi.....	55
3.1.	Características del Multiplexor Marconi.....	55
3.2.	Señalización.....	57
3.2.1.	Señalización tipo 1	58
3.2.2.	Señalización tipo 2	59
3.2.3.	Señalización tipo 4	60
3.2.4.	Señalización tipo V.....	61
Capítulo IV: Obtención de las mediciones del SPT e interpretación de resultados, encuesta y entrevistas.		62
4.1.	Solicitar permiso de ingreso a la estación	62
4.2.	Realización de mediciones de voltajes y corrientes alternas y continuas en los diferentes puntos de la misma.....	62
4.3.	Medición del sistema de la malla a tierra.	63
4.4.	Instrumentos de la investigación	64
4.5.	Interpretación de la encuesta	66
4.6.	Entrevista	71
Capítulo 5. Conclusiones.....		72
5.1	Conclusiones	72
5.2	Recomendaciones.....	74
Referencias Bibliográficas.....		75
Glosario.....		80
Anexos.....		82

Encuesta de protección de sistemas de puesta a tierra	83
Materiales de protección para el personal de mantenimiento	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	
Principios de la protección a tierra.....	24
Figura 2.2	
Efectos del arco eléctrico.....	25
Figura 2.3.	
Cubo de arista de 1 metro para SPT.....	28
Figura 2.4.	
Resistividad versus temperatura.....	30
Figura 2.5.	
Resistencia versus profundidad.....	31
Figura 2.6.	
Resistencia (%) versus diámetro.....	32
Figura 2.7.	
Capas cilíndricas del suelo alrededor de la varilla de cobre.....	33
Figura 2.8.	
Electrodo químico.....	36
Figura 2.9.	
Sin traslape.....	37
Figura 2.10.	
Molde de grafito para unir cables de cobre.....	39
Figura 2.11.	
Ground resistance tester.....	41
Figura 2.12.	
Punta de prueba.....	41
Figura 2.13.	
Cuatro puntas de prueba.....	43
Figura 2.14.	
Medición con puntas de prueba.....	44
Figura 2.15.	
Método Schlumberger-Palmer.....	44

Figura 2.16.	
Configuración cuatro electrodos	48
Figura 2.17.	
Comprobador de resistencia de tierra FLUKE 1620	49
Figura 2.18.	
Materiales e instrumentos	50
Figura 2.19.	
Configuración Telurómetro en cuatro electrodos	51
Figura 3.1.	
Multiplexor	56
Figura 3.2.	
Tipo 1	59
Figura 3.3.	
Tipo 2	60
Figura 3.4.	
Tipo 4	60
Figura 3.5.	
Tipo 5	61
Figura 4.1.	
Años de experiencia	66
Figura 4.2.	
Accidentes por descargas eléctricas	67
Figura 4.3.	
Frecuencias de las mediciones	68
Figura 4.4.	
Mediciones que desean que se realicen	69
Figura 4.5.	
Aumento de la resistividad del terreno	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	
Efectos de la corriente en el cuerpo humano.	26
Tabla 2.2	
Valores de resistividad.	29
Tabla 4.1.	
Medición de voltajes.	63
Tabla 4.2.	
Medición de resistencia.	63
Tabla 4.3.	
IEEE142-1191 Valor de resistencia.	64
Tabla 4.4.	
Años de experiencia en telecomunicaciones.	66
Tabla 4.5.	
Accidentes por descargas eléctricas.	67
Tabla 4.6.	
Mediciones que desean que se realicen.	68
Tabla 4.7.	
Frecuencias de las mediciones.	69
Tabla 4.8.	
Aumento de la resistividad del terreno.	70

Resumen

Este trabajo representa el desempeño de un sistema de puesta a tierra (SPT), además se hace énfasis en su respectivo análisis semestral o anual tanto en mediciones con el Telurómetro como en la observación, en cualquier estación de telecomunicaciones, con la finalidad de mantenerlo en excelentes condiciones.

En el capítulo uno se describe la problemática de la estación, mediante el método hipotético-deductivo se la estudió. En el siguiente capítulo se describe la teoría que se debe aplicar para poder dar solución a la problemática de este tema de investigación, con respectivos métodos de medición. En el tercer capítulo se detalla equipos sensibles a las tormentas eléctrica con sus configuraciones E&M. El capítulo cuatro se centra en los resultados de las mediciones y las respectivas soluciones que se deberían poner en práctica. Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones.

Palabras claves: Canales de voz, Tormentas eléctricas, Multiplexores, Sistema de puesta a tierra, radio-enlaces.

Abstract

This work represents the performance of a grounding system (SPT), also to emphasizing its respective semester or annual analysis, both in measurements with the Tellurometer and the observation, in any telecommunications station, with the goal of maintain in Excellent conditions.

Chapter one describes the problems of the station, through the hypothetical-deductive method. The next chapter describes the theory that must be applied in order to solve the problem of this research subject, with respective methods of measurement. The third chapter details electrical storms sensitive to their E & M configurations. Chapter four focuses on the results of the measurements and the respective solutions that should be put into practice. Finally, the conclusions and recommendations are detailed.

Keywords: Voice channels, Thunderstorms, Multiplexers, grounding system, radio-links.

Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.

1.1. Introducción.

Desde el inicio, los seres humanos que habitaban en distantes lugares necesitaban comunicarse entre ellos, para defenderse de sus enemigos o conseguir alimento.

Los primeros métodos empleados fueron mediante señales de humo o realizando sonidos similares a los animales existentes en esa zona de flora y fauna silvestre, pero todas estas técnicas eran infructuosas si llovía, por tal razón el hombre creó el telégrafo, pero el mismo tampoco les era útil si llegaban a fragmentarse sus líneas.

Y así continuó creando nuevas tecnologías y desarrolló el radioenlace con sus respectivos multiplexores, los cuales son colocados en las montañas que tienen el mayor nivel sobre el mar, pero en estos lugares en las estaciones invernales se producen descargas eléctricas o rayos, los cuales son constantes y provocan daños en los diferentes equipos de las estaciones de telecomunicaciones, por tal razón el hombre diseñó sistemas de puesta a tierra, para lograr que las comunicaciones no se interrumpieran.

1.2. Antecedentes.

Monterroso (2013), investigó acerca de un método de protección, para anular cualquier daño que ocasionen las tormentas eléctricas en las estaciones de telecomunicaciones, las mismas tienen la capacidad de administrar sus datos, tales como alimentaciones de baja y alta potencia, entre otros.

1.3. Justificación del Problema a Investigar.

Un sistema de telecomunicaciones sin retardos ni colisiones es indispensable para los controladores de tránsito aeronáutico, para obtener una comunicación de voz excelente con las aeronaves que se encuentran en cualquier espacio controlado por ellos en ese instante de tiempo.

Los sistemas de largo alcance funcionan correctamente si las condiciones climáticas son excelentes, pero si empiezan lluvias acompañadas con descargas eléctricas, este clima provoca que las comunicaciones de voz colisionen, debido a que las tarjetas de voz de los multiplexores se cortocircuitan, ocasionando grandes complicaciones en el control de tránsito aéreo entre los controladores y las aeronaves que ingresan o salen por la zona Norte del Ecuador.

Por esta razón es indispensable que este servicio de voz este, siempre funcionando correctamente, para evitar posibles colisiones aéreas que terminen en una catástrofe.

1.4. Definición del problema

Uno de los grandes inconvenientes en Aeronáutica Civil, en las Telefónicas Móviles, Multinacionales, entre otras empresas que tienen inconvenientes cuando se producen tormentas eléctricas en la cordillera de los Andes o en Cerros de la Costa o región Amazónica, es que esto provoca daños en las tarjetas de voz de los canales de voz y para evitar dicho daño en las mismas, los técnicos han tenido que desconectar estas tarjetas, pero al realizar dicha desconexión queda fuera de servicio la frecuencia de control y demás aplicaciones que van por dicho multiplexor.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General:

Determinar las soluciones prácticas para evitar que los canales de voz de las estaciones de telecomunicaciones dejen de funcionar correctamente, cuando se produzcan tormentas eléctricas.

1.5.2. Objetivos específicos:

- ✓ Describir la fundamentación teórica de los sistemas de puesta a tierra y de las tarjetas de voz.
- ✓ Establecer la incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz.
- ✓ Determinar una solución adecuada para que los canales de voz funcionen correctamente cuando sobrevengan tormentas eléctricas.

1.6. Hipótesis

El aumento de la resistividad del terreno provoca el daño de los canales de voz cuando acontecen tormentas eléctricas. La posible solución sería la disminución de la resistividad del terreno.

1.7. Metodología de investigación.

Para realizar una investigación se debe analizar los diferentes tipos de datos que se van a obtener de los experimentos, para poder definir la metodología de investigación a utilizar.

Cegarra (2012) expresa en su libro de la Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica que, “aunque en las ciencias experimentales la ciencia ocupa un lugar pertinente, también es cierto que las construcciones teóricas tienen un papel muy importante. Por ello,

se ha indicado que en la actividad científica se distinguen dos procesos: uno ascendente que conduce a la formación de entidades teóricas (conceptos, leyes y teorías) y otro descendente que consiste en la comprobación experimental de las construcciones teóricas”.

El método a utilizar en esta investigación previa al grado de Magister en Telecomunicaciones es el hipotético-deductivo, el cual consiste en expresar una hipótesis acerca de las posibles soluciones del problema a corregir.

Este procedimiento utiliza una metodología que consiste en tomar una disertación como hipótesis, y ponerla a prueba, para luego ser refutada o comprobada, por medio de uno o varios experimentos, mediante los cuales se adquiere información precisa.

Para que esta hipótesis sea validada la misma debe ser:

- Explicativa.
- Predictiva y precisa

Caso contrario la misma será refutada.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica.

2.1. Introducción a los sistemas de puesta a tierra.

En el diseño y construcción de una base de telecomunicaciones es imprescindible tomar en cuenta las normas de seguridades eléctricas, referente a que toda parte metálica que pueda estar en contacto con los operadores de la estación, siempre debe estar a un potencial igual a cero llamado "Tierra", con la finalidad de que si existiera una descarga eléctrica u accidente de trabajo eléctrico, no salga afectado el personal que se encuentre en dicha estación.

El fenómeno natural de las tormentas eléctricas provoca las descargas eléctricas, este es el principal problema que enfrentan las estaciones de telecomunicaciones, razón por la cual se debe prevenir daños de los equipos y empleados de las diferentes estaciones, para lo cual se requiere que dichas estaciones estén dotadas de pararrayos, con un excelente diseño de Sistema de Puesta y sus respectivos conductores en excelentes condiciones.

2.2. Funciones de los SPT.

Las funciones fundamentales de los SPT son las siguientes:

- Separar rápidamente fallas eléctricas por medio de los diferentes equipos de protección.
- Certificar las condiciones de seguridad eléctrica de la estación.
- Transportar eficientemente las corrientes producidas por una descarga eléctrica.
- La medición de resistencia respecto a la tierra en un sistema SPT debe ser siempre muy baja aproximadamente

según normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE80, NTC2050, NTC 4552.

- Debe minimizar el ruido eléctrico en las estaciones, cuando se producen corrientes inducidas.
- Garantizar constantemente el servicio de telecomunicaciones.
- Minimizar la reparación de los diferentes equipos de las estaciones.

2.3. Efectos en equipos de telecomunicaciones, sin un SPT

Cuando se diseña una estación de telecomunicaciones y el no poner énfasis en el sistema de puesta a tierra, provoca daños irreversibles en los equipos de la misma, cuando se produzca una tormenta eléctrica con sus respectivas descargas.

Debido a que la mayoría de los equipos electrónicos son de nano o micro electrónica, estos elementos trabajan con tolerancias menores al 3% en sus voltajes AC y DC lo que obliga a los técnicos a tener excelentes instalaciones eléctricas con sus respectivos SPT certificados. Caso contrario los mismos dejarían de funcionar correctamente o se cortocircuitarían, lo que ocasiona un discontinuo flujo de información para los diferentes usuarios, provocando culminaciones de contratos de servicios con las diferentes empresas.

Rojas, (2010) afirmó, que todo sistema eléctrico debe ser aterrizado con la finalidad, de eliminar sobretensiones producidas por tormentas eléctricas, el cual puede provocar daños en la estación.

Este trabajo, se efectúa mediante conductores apropiados que forman parte del sistema de puesta a tierra, de las estaciones de telecomunicaciones.

Esto no puede ocurrir, porque los empresarios, o dueños de las empresas de telecomunicaciones perderían su capital invertido y lo fundamental, la desconfianza en su equipo técnico y culminaría con el despido de todo el personal encargado de los sistemas de telecomunicaciones.

Monterroso. (2013), indica que existen cuatro fuentes básicas de falla: las descargas eléctricas atmosféricas, el servicio eléctrico local, los sistemas eléctricos vecinos y el equipo eléctrico propio de la instalación. Cada uno de estos factores puede crear sus propias formas de anomalías. De todas estas fuentes de falla, el rayo es obviamente la mayor amenaza, el que representa el mayor riesgo, en términos de potencial destructivo y fenómeno de falla. Un impacto de rayo directo en la línea de energía en la entrada del servicio, puede causar daños muy graves dentro de las instalaciones que no están protegidas o que están mal protegidas. Una instalación protegida adecuadamente contra descargas eléctricas atmosféricas, también está protegida contra otras anomalías en el sistema eléctrico.

2.4. Efectos de las descargas en los seres humanos.

Los seres humanos son vulnerables a la naturaleza ya que las leyes que la rigen siempre han sido que el más fuerte sobrevive, pero respecto a las descargas eléctricas se debe tener cuidado no solo en los sistemas de telecomunicaciones si no en la vida diaria, muchas personas pierden la vida por recibir una descarga eléctrica de un rayo en una tormenta o por tratar de colocar una antena de televisión y alcanzan los cables de alta tensión y sus cuerpos reciben una descarga eléctrica, entre otras.

El Ministerio de Energía y Minas (2011) indicó que las instalaciones de suministro eléctrico que se encuentran expuestas a sobretensiones de origen atmosférico, tales como estaciones de

suministro o subestaciones, deberán estar protegidas contra descargas atmosféricas directas y sobretensiones inducidas.

La protección contra las descargas directas se hará mediante cables aéreos (cable de guarda) o postes con terminales de captación o dispositivo de intercepción de rayos (comúnmente llamado pararrayos), adecuadamente colocados, de tal manera que las descargas de los rayos sean interceptadas, reduciendo la exposición de la instalación a las descargas directas a niveles insignificantes.

En la figura 2.1, se ilustra los beneficios que tiene una estación con SPT y el peligro al que están expuestos el personal técnico y o administrativo si no se realiza una instalación SPT.

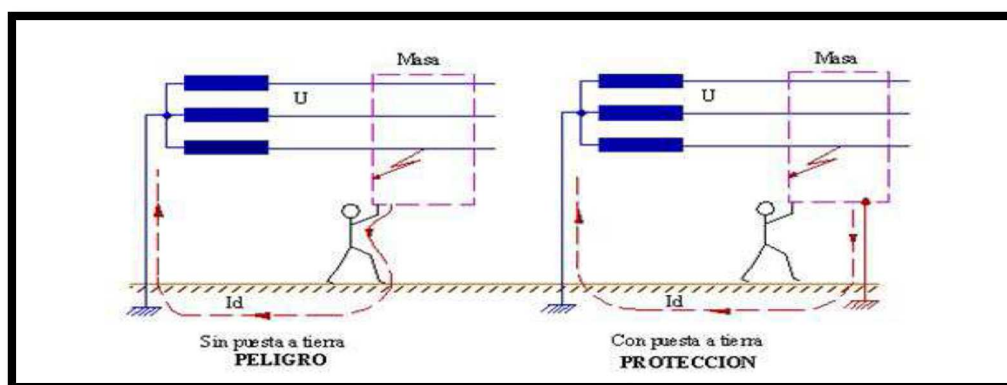


Figura 2.1: Principios de la protección a tierra.
Fuente: Peña, J. 2011

Cuando un ser humano se encuentra a distancias menores de 3 metros del lugar donde se produce una descarga eléctrica, puede provocar en su cuerpo quemaduras.

Los efectos que ocasiona a una persona una descarga eléctrica depende del tiempo que está expuesto al calor producido por la misma y la temperatura que genere el mismo, esto dependerá de las diferentes protecciones que el técnico utilice tales como, ropa, calzado equipo de protección las cuales actúan como aislantes o muros protectores.

En las instalaciones a tierra se producen elevadas corrientes producidas ya sea por problemas en las instalaciones eléctricas o por descargas eléctricas, por esa razón se deben tomar precauciones en las instalaciones eléctricas y del personal.

Si un empleado se encuentra cerca o entre dos puntos que exista una diferencia de potencial, le ocasionará una descarga que le puede ocasionar contracciones musculares o un daño en cualquier órgano trascendente de su cuerpo lo cual lo puede llevar hasta su fallecimiento, figura 2.2.

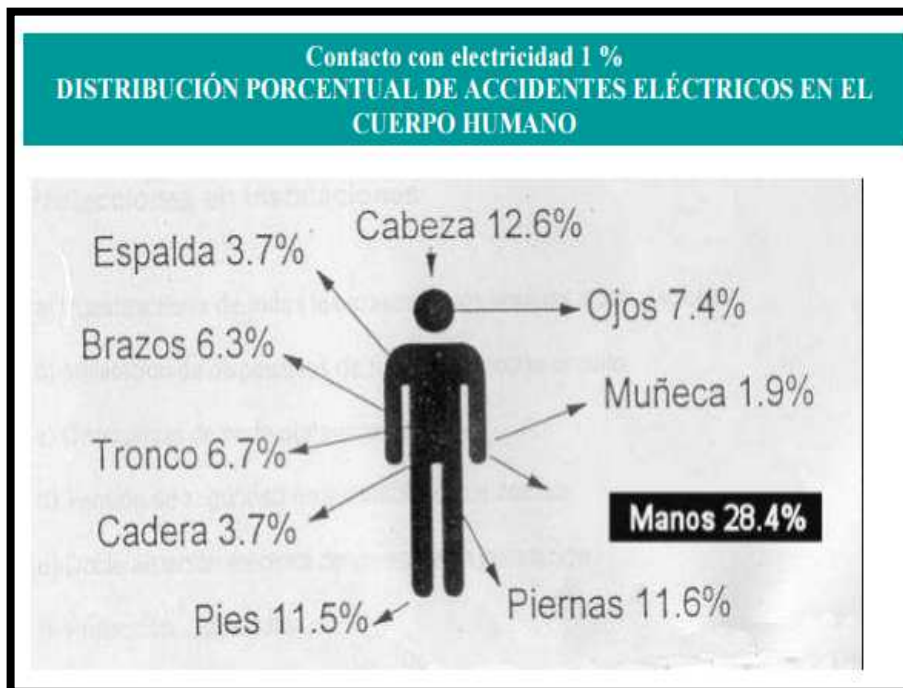


Figura 2.2: Efectos del arco eléctrico.
Fuente: Peña, J. 2011

En la tabla 2.1, se indica que una corriente eléctrica menor a 25mA, no provoca daños en un cuerpo humano, corrientes superiores a la misma causan daños severos en un ser humano.

Tabla 2.1: Efectos de la corriente en el cuerpo humano.

Corriente Eléctrica	Efectos
< a 25 mA	Contracciones musculares. Aumento de la presión sanguínea
25 a 80 mA	Posibles perturbaciones en los ritmos cardiacos y respiratorios con parada temporal del corazón y respiración
80 mA a 3 A	Especialmente peligrosa puede ocasionar fibrilación ventricular, de consecuencias mortales en la mayoría de los caso
> a 3 A	Perturbaciones en el ritmo cardiaco. Posibilidad de parálisis cardiaca y respiratoria

Fuente: Astudillo, C. 2012

2.5. Fundamentos de puesta a tierra SPT

Antes de realizar un sistema de puesta a tierra se debe tomar en cuenta tres aspectos importantes:

1. Clase de conductores
2. Electrodo
3. Pararrayos

2.5.1. Conductores

En la naturaleza existen elementos conductores, semiconductores y aislantes, los conductores siempre tienen en su última orbita electrones libres, los mismos que viabilizan la circulación de corriente eléctrica.

INDISA ON LINE (2011) indica que comúnmente los riesgos que son ocasionados por descargas eléctricas, se producen debido al acercamiento físico con cualquier conductor energizado. Este no suele ser el único riesgo eléctrico existente por las descargas eléctricas.

Los metales tales como el cobre, aluminio y oro son capaces de agitar sus electrones libres y convertirse en conductores, el mejor metal conductor es el oro, pero por su gran costo no se lo utiliza, en los años de 1950 a 1970 se lo utilizo, hasta que los científicos perfeccionaron a el uso del cobre como elemento principal en el uso de tarjetas electrónicas y de potencia eléctrica.

2.5.1.1. Resistividad eléctrica. (ρ) ($\Omega.m$)

El término de Resistividad (ρ) está ligado, a la dificultad que posee un determinado elemento al paso de la corriente eléctrica.

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (2.1)$$

Dónde:

- l es la longitud del cable.
- s es la sección del cable.
- (ρ) resistividad eléctrica.

2.5.1.2. Resistencia a tierra

Esta definición es la oposición al movimiento de la corriente eléctrica que tiene un SPT, este valor dependerá de:

- Área del terreno.
- Longitud del terreno.
- Resistividad del terreno.
- Características del electrodo.
- Longitud de los conductores.
- Diámetro de los conductores, entre otros.

De las variables anotadas anteriormente la que se debe tomar en cuenta es la resistividad del terreno, tal como se observa en la figura 2.3 la misma que es la dificultad al movimiento de corriente eléctrica en un cubo de 1 metro de arista.

García (1999). Indica que la resistividad de cualquier terreno está especificada por el valor de la resistencia a la circulación de la corriente entre electrodos del terreno, con lo cual se definirá las características eléctricas. Debe existir un excelente contacto entre las varillas de cobre, para proveer la circulación de la corriente eléctrica, caso contrario la dificultaría. Este valor define la resistencia a tierra y su unidad de medida es el ohmio.

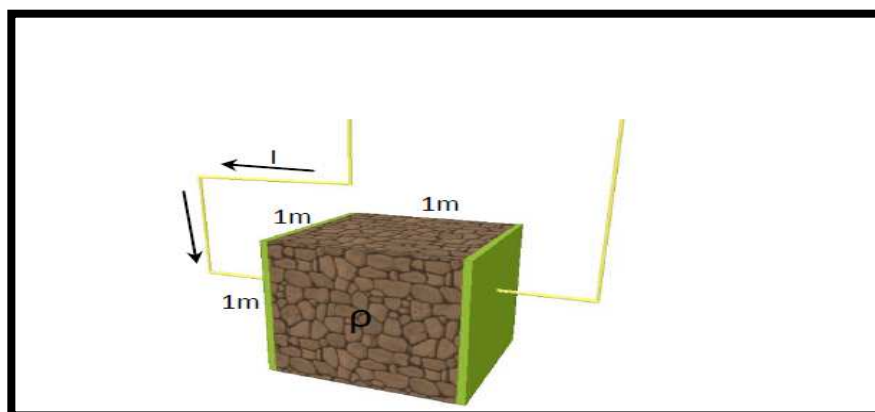


Figura 2.3: Cubo de arista de 1 metro para SPT.
Fuente: Duche, E. (2013).

Las particularidades principales que se deben tomar en cuenta del terreno son las siguientes:

- Humedad.
- Temperatura.
- Salinidad.
- Tomas de tierra.
- Electrodo.
- Naturaleza del terreno, entre otras.

Pero al realizar un análisis de las particularidades del terreno se debe tener en cuenta la Naturaleza del Terreno, los mismos pueden ser terrenos regulares, malos o excelentes conductores.

Tabla 2.2 Valores de resistividad

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohm-m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables.	3.000

Fuente: Miño, M. (2011).

En la tabla 2.2, se establecen diferentes valores de resistividad, según el suelo, esta tabla fue tomada de la ITC MI BT 039 (Instrucción Técnica Complementaria de Baja Tensión).

Esta definición está ligada, a las temperaturas bajas en la Cordillera Andina, debido a que la resistividad aumenta a medida que la misma desciende, ya que el congelamiento produce que los electrolitos carezcan de movimiento, si llegan a *temperaturas ambientales menores a cero grados la resistividad aumentara como se observa en la figura 2.4, la resistividad inversamente proporcional a la temperatura.

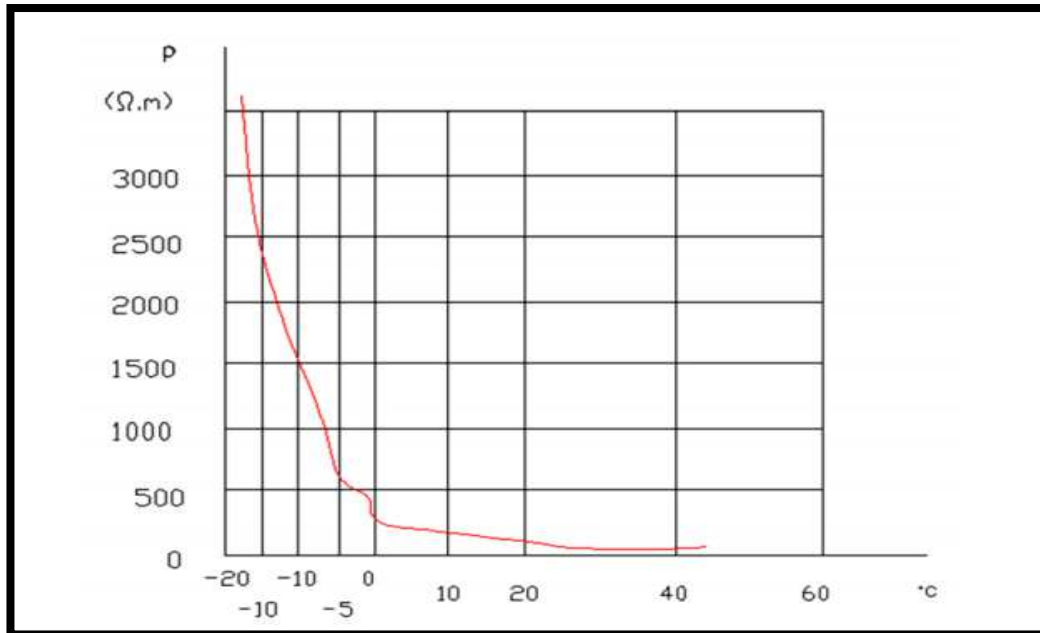


Figura 2.4 Resistividad versus temperatura.
Fuente: Miño. M. (2011).

2.5.2. Electrodo

Rojas (2010) Los electrodos cumplen la función fundamental de brindar el paso al flujo de la corriente eléctrica, en el caso de ocurrir tormentas eléctricas, exista algún daño que provoque un cortocircuito o sobre voltaje, se deben tomar en cuenta las siguientes características:

- Resistencia del electrodo
- Resistencia entre la tierra y electrodo
- Resistencia de la tierra.

2.5.2.1. Resistencia del electrodo

Este fenómeno se debe a dos características fundamentales del valor de su tamaño y diámetro.

La figura 2.5, indica que al colocar el electrodo a mayores profundidades decrece su resistencia.

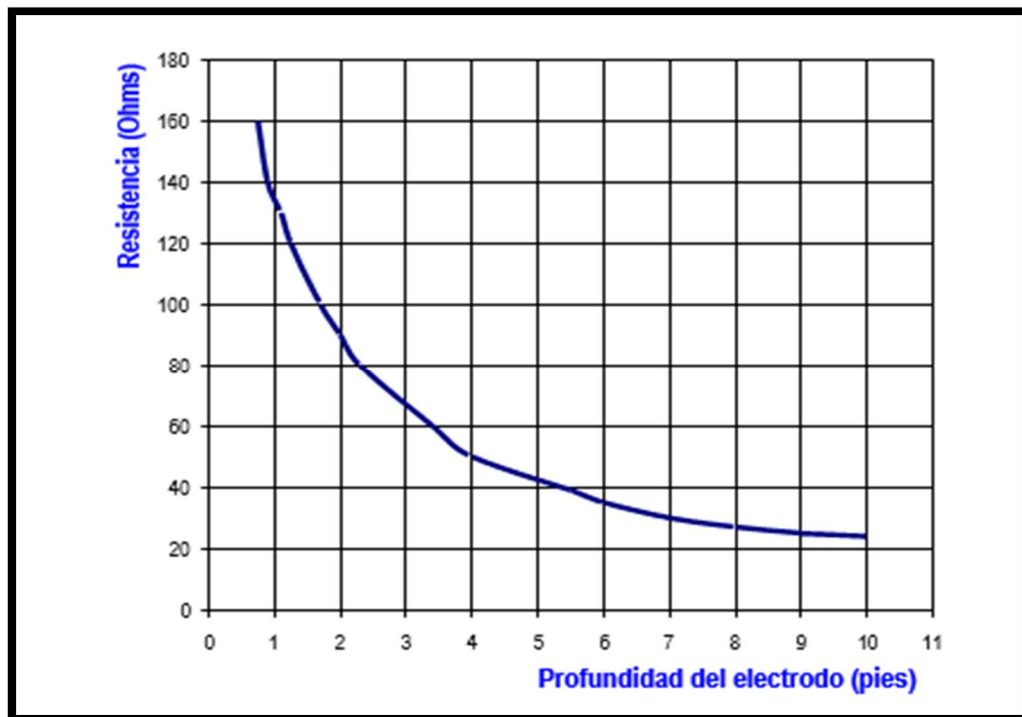


Figura 2.5 Resistencia versus profundidad
 Fuente: Rojas, G. (2010)

Al observar detenidamente, se concluye, que al aumentar la profundidad de enterrado del electrodo su resistencia disminuye, por ejemplo al estar a una profundidad de 3 pies su resistencia es de aproximadamente de 65 Ohmios, pero si se cambia la profundidad a 6 pies, su resistencia decrece a un valor de 35 ohmios, casi un 40%.

Se debe tomar en cuenta también el diámetro de la varilla de cobre, esta influye en la resistencia del sistema de puesta a tierra, a mayor diámetro de la misma se obtendrá menor resistencia debido al efecto piel.

Como se observa en la figura 2.6 se respecta a tres varillas de cobre A, B y C. Por ejemplo en la varilla A, si tiene un diámetro de 1,00 pulgada su resistencia es disminuye un 10%, pero al llegar a 1,75 pulgadas o más la misma se mantiene constante, por tal razón también

se toma en cuenta la clase de terreno donde se colocar a dicha varilla de cobre, es decir si es rocoso, arenoso entre otros.

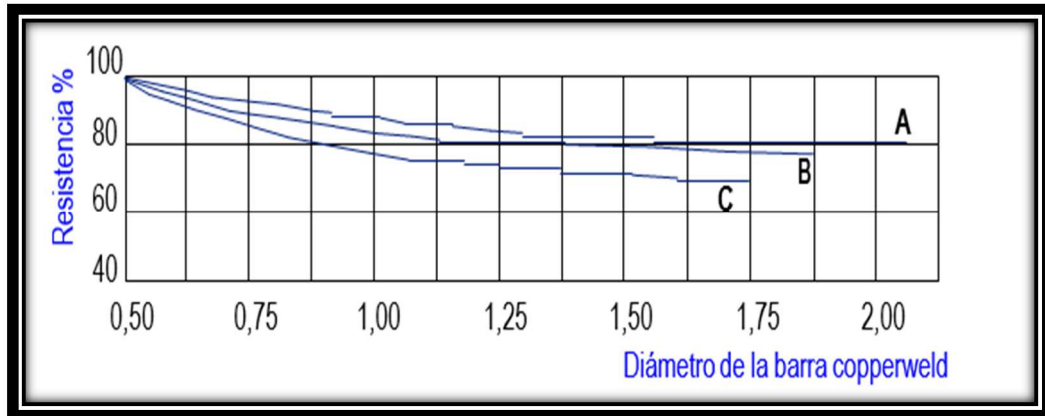


Figura 2.6 Resistencia (%) versus diámetro
Fuente: Rojas, G. (2010)

Al realizar un análisis, se observó que al aumentar el diámetro de la varilla de cobre (copperweld), decrece la resistencia en un 40%, lo cual es oneroso pero no satisfactorio para los sistemas de puesta a tierra.

Lo que si es necesario y fundamental, es que la resistencia mecánica de la varilla de copperweld sea excelente para cuando se realiza el enterramiento de la misma no sufra roturas o arqueos, sobre todo que tenga un resguardo eficaz en contra de la corrosión.

2.5.2.2. Resistencia entre la tierra y el electrodo

Esta resistencia depende, principalmente de las condiciones físicas del electrodo, si el mismo se encuentra sin pintura, grasa u otro agente que lo separe de la tierra compacta que está a su alrededor, la misma es ínfima a tal punto que puede ser despreciable, la destrucción de la varilla de copperweld, por la oxidación puede producir que la resistencia entre la tierra y el electrodo se incremente, por esta razón

las varillas de cobre tienen un máximo de vida útil de 10 años a 15 años dependiendo del terreno y mantenimiento que se dé al SPT.

2.5.2.3. Resistencia de la tierra

Esta depende de la capacidad conductiva del suelo, es decir de los componentes orgánicos, humedad y elementos químicos que la componen. Y estos datos dependen de las diferentes zonas climáticas de nuestro país, pero que las mismas proporcionarán grandes diferencias debido a que en Ecuador se cambia abruptamente de un clima a otro y los límites de humedad, calor y frío cambian.

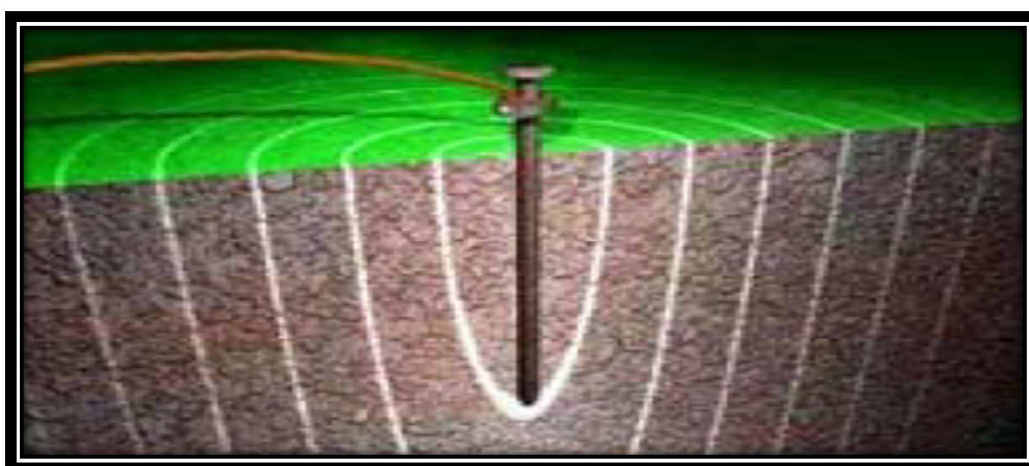


Figura 2.7 Capas cilíndricas del suelo alrededor de la varilla de cobre
Fuente: Rojas, G. (2010)

En la figura 2.7, se ha dividido al suelo en capas en forma de parábola de igual volumen, que están alrededor de la varilla de cobre, como se está en un terreno uniforme la resistividad eléctrica es uniforme y se observa que la capa de mayor volumen ofrecerá menor resistencia al paso de la corriente eléctrica. Rojas (2010), indica que en experimentos realizados más del 90% de las mediciones la resistencia eléctrica de los suelos está en un radio de 3 a 1,5 metros

de distancia del electrodo, de ahí se basa la teoría del mejoramiento eléctrico de los suelos, circundante a la varilla de copperweld con diferentes elementos químicos, con la finalidad de disminuir esta resistencia, “casi cero”.

2.5.2.4. Electrodo químicos

La necesidad siempre ha sido la madre de los inventos del hombre, razón por la cual al tener que realizar una SPT. Miño (2011) indica que en suelos con resistencias eléctricas elevadas se debió obtener una solución para poder instalar correctamente los sistemas de telecomunicaciones en este tipo de terreno, con lo que se inventaron los electrodos químicos.

Procobre (s.f), indica que es un tubo de cobre, con diámetro de 4 pulgadas y de longitud mayor a la de la varilla de cobre es decir de 2,4 metros, según sea el fabricante, como se observa en la figura 2-7 tiene perforaciones en su parte inferior y posterior con una tapa en su parte superior para que sea llenada de sustancias químicas, con el objetivo de minimizar el valor de la resistencia eléctrica del suelo hasta llegar a obtener valores de menos de 5 Ohmios.

Desde la década de los ochenta se utiliza la varilla de cobre química, con sus respectivos tratamientos químicos que sirven para disminuir la resistencia del sistema de tierra constantemente, estos son:

- Cloruro de sodio
- Minerales arcillosos.
- Thor-Gel

Pero para que este sistema químico funcione correctamente siempre el sistema de puesta a tierra debe estar húmedo.

Procobre (s.f) indicó que la humedad en la parte superior de este electrodo es la clave para su funcionamiento, debido a que al estar siempre húmedo, ésta entra en contacto con el oxígeno y los elementos químicos obteniendo soluciones electrolíticas que fluirán por gravedad a la parte inferior del tubo y por el fenómeno de ósmosis se disipará en la parte inferior, lo cual producirá siempre humedad y se obtendrá impedancias de valores bajos.

Este electrodo químico acarea inconvenientes, tales como:

- Colocación de elementos químicos incesantemente.
- Regar o tener un sistema de riego automático alrededor del sistema de puesta a tierra.
- Mantenimiento constante del electrodo.

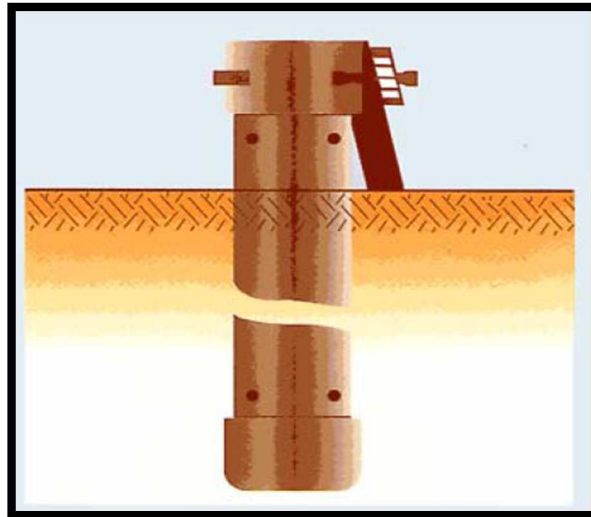


Figura 2.8: Electrodo químico
Fuente: Procobre (s.f)

2.5.2.5. Número de electrodos

El número de electrodos a colocar en una determinada estación de telecomunicaciones, Miño (2011) dependerá de la resistencia de SPT, esto quiere decir que si al colocar un electrodo y al realizar las mediciones la misma supera los 5 Ohmios, se deben colocar más electrodos a una distancia de 1.1 veces la longitud del primer electrodo colocado, este análisis lo realizó Roy B. Carpenter, JR y Joseph A. Lanzoni, que demostraron que a partir de 1.1 veces la longitud de la varilla no se producían efectos de traslape como se indica en la siguiente figura.

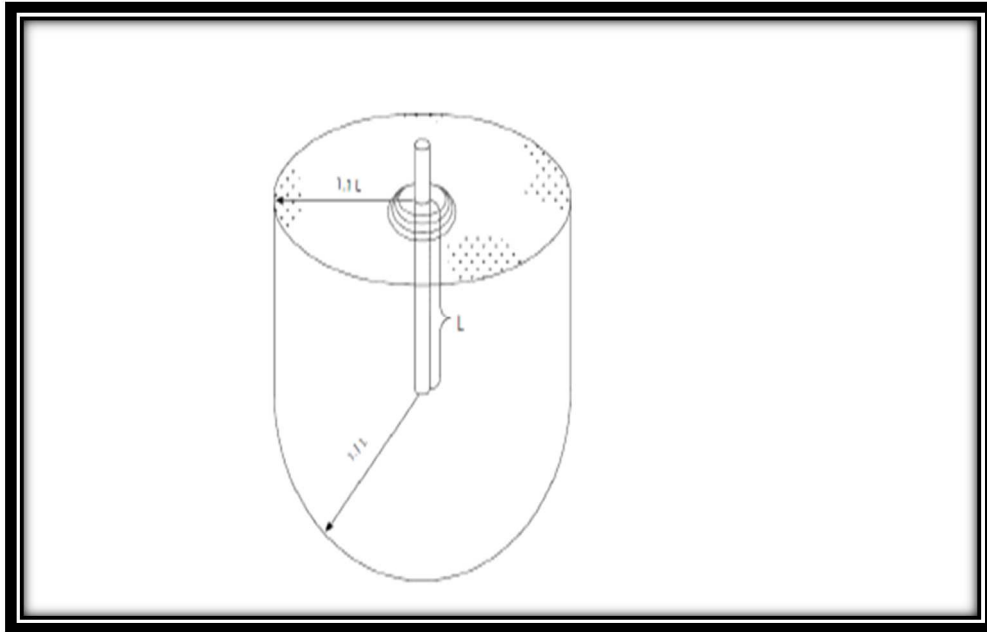


Figura 2.9 Sin traslape
Fuente: Miño, M. (2011)

2.5.3. Pararrayos

En el siglo XVII, Benjamín Franklin, realizó algunos estudios de la electricidad producida por las tormentas eléctricas. El mismo defendió a capa y espada su Monterroso (2013) teoría acerca de las tormentas, las cuales se producen debido a un fenómeno eléctrico entre las nubes y produjo una síntesis del mismo para demostrar y defender su teoría. Por medio de esta teoría se pudo realizar el pararrayos.

En fin los pararrayos empiezan en punta y terminan casi siempre en varias puntas, que sirven para atraer el rayo y disiparlo respectivamente.

Estas descargas eléctricas causan efectos electrostáticos y electromagnéticos, los cuales pueden producir averías en los diferentes sistemas de telecomunicaciones, razón por la cual se recomienda usar instalaciones internas para eliminar efectos dañinos a los equipos de las estaciones.

2.6. Suelda exotérmica

Este tipo de suelda se la utiliza para realizar uniones entre:

- Cables de cobre con cables de cobre.
- Cables de cobre con varillas de cobre
- Varillas de cobre con varillas de cobre.
- Cable de cobre con estructuras metálicas.

Las mismas producen un aumento significativo de la resistencia del 60% o más del SPT, al no realizarlas por medio de procedimientos específicos, la mayoría de las veces estas uniones las realizan con abrazaderas, uniendo los cables en forma de corchetes o empalmes, estas formas de unión con los cambios de temperatura se disipan o se comprimen lo que produce una inestabilidad en el SPT, por lo que realizan estas uniones con suelda exotérmica.

Rojas (2010), indica que el proceso exotérmico es una reacción química que emana calor a medida que se realiza el mismo, esto produce la reducción de un metal en otro "unión", desprenden temperaturas de más de 900 °C.

En la figura 2.10, se observa un molde para realizar sueldas exotérmicas, para unir dos cables, hay que tomar en cuenta antes de realizar las soldaduras el número de cable a soldar, para según eso adquirir los moldes de grafito.

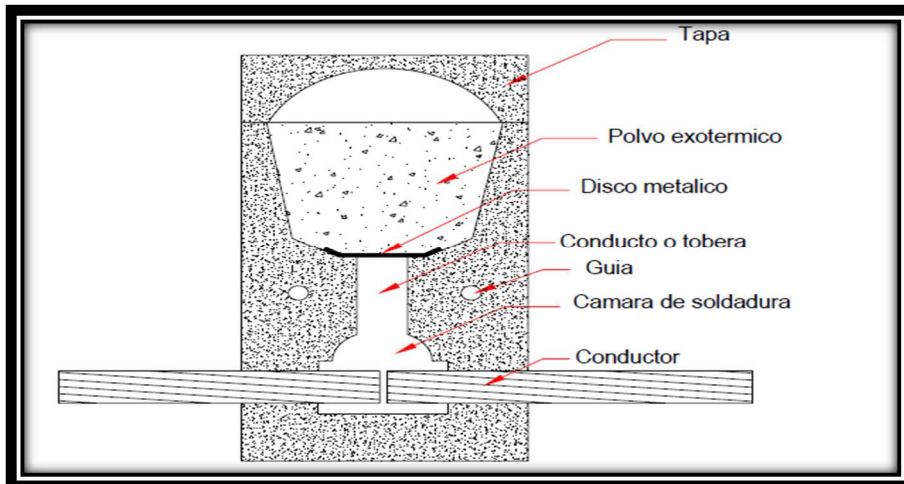


Figura 2.10 Molde de grafito para unir cables de cobre
Fuente: Rojas, G. (2010)

Estos moldes son construidos de grafito de excelente calidad, para que soporten temperaturas elevadas.

Sus diferentes partes se describen a continuación:

- Tapa del molde, para evitar que la soldadura se disperse.
- La cámara donde se coloca el polvo exotérmico, el cual debe llegar hasta el tope de la tapa del molde.
- Disco metálico, el cual se fundirá con los elementos a unir.
- Tobera o conducto, por el cual circulará el metal diluido del disco metálico.
- Cámara de soldadura, aquí se fundirán los elementos a unir con el metal diluido y se formará la soldadura exotérmica.
- Guías de soldadura, para unir las dos placas de grafito y no se disperse el metal diluido y se forme una excelente soldadura.

Este molde debe ser utilizado cada dos horas, debido a que el mismo luego de realizar la soldadura se demora en enfriarse debido a las altas temperaturas de fusión del disco metálico, si lo utilizan sin precaución el personal pueden causarse daños irreparables.

La vida útil del molde de grafito es de aproximadamente unas 80 soldaduras.

2.7. Métodos para medir la resistividad del suelo

El éxito en un diseño de SPT, es realizar las mediciones correctas de la resistividad del terreno tomando en cuenta su profundidad y las condiciones menos favorables.

Miño (2011), realizó una apreciación de los suelos poseen algunas capas horizontales superpuestas, en la cual cada una tiene un diferente valor de resistividad, las diferentes técnicas están en detalle en el IEEE Std. 80-2000. IEEE "Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth Surface potential of a ground system".

Monterroso (2013). Indicó que los métodos que se aproximan de mejor manera al valor real de la resistividad de un terreno es el método de cuatro puntos o de Wenner.

2.7.1. Método de Wenner

El método de cuatro puntos que es más conocido como el de Wenner, este método lo creó Lord Kelvin y es el más utilizado para realizar las mediciones de resistencia de suelo, se lo puede realizar por medio del medidor de resistencia de tierra como se observa en la figura 2.11.

Este método es utilizado debido a que por medio de las cuatro puntas se elimina las resistencias de los cables de medición como también los potenciales de unión.



Figura 2.11 Ground resistance tester
Fuente: Monterroso, P. (2013)

Este método utiliza cuatro puntos de prueba como el de la figura 2.12, con sus respectivos cables para la medición respectiva, en cada uno de estos puntos se coloca un electrodo para que el equipo de la figura 2.11 realice la medición correcta.



Figura 2.12 Punta de prueba
Fuente: Monterroso, P. (2013)

Una vez ubicados los cuatro puntos de prueba, el tester envía pulsos de corriente constante por cada punto externa y la misma fluye por el terreno y se produce una diferencia de potencial el cual es medido entre las otras dos puntas llamadas internas. En este momento el medidor mide la caída de voltaje en las puntas interiores, y procede a calcular la resistencia por medio de la ley de Ohm.

Esta resistencia se la debe dar en Ohmio-metro, para lo cual se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Formula 2.2
Fuente: Monterroso, P. (2013)

Cada término de la expresión significa un valor de donde: hondura del hoyo donde se instalará el electrodo

$a =$ cercanía entre electrodos (m)

$b =$ hondura del hoyo donde se instalará el electrodo (m).

$R =$ resistencia (Ω)

$\rho =$ resistividad Ohmio – metro

Si el valor de a es mayor a $20b$ entonces: $\rho = 2\pi a R$ Ohmio – metro

En la siguiente figura se ilustra la forma de colocar los electrodos, los cuales están separados por distancias iguales.

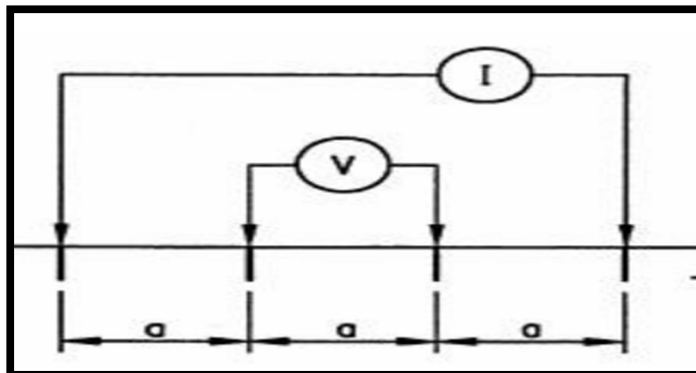


Figura 2.13 Cuatro puntas de prueba
Fuente: epm (2008)

Para realizar la medición un telurómetro inyecta una corriente a los electrodos ubicados en los extremos y un voltaje a los electrodos internos.

Este método permite medir la resistividad de un determinado suelo, donde se ubicara una estación de telecomunicaciones, o una estación eléctrica, entre otras. Las mediciones se las realizan separando los electrodos distancias de 3 metros a 5 metros, hasta llegar a distancias mayores a el lugar donde se desea instalar el sistema de puesta a tierra, se realizan estas mediciones con diferentes profundidades.

Esto lo realizan, para poder identificar los diferentes tipos de suelo, en una determinada área.

En la figura 2.14, se identifican las mediciones de la resistividad en ohmios- metros en contra de la separación de electrodos en metros, con esto se puede identificar el camino correcto para colocar los electrodos y así obtener la menor resistencia en dicho suelo, con el objeto de minimizar cualquier sobretensión.

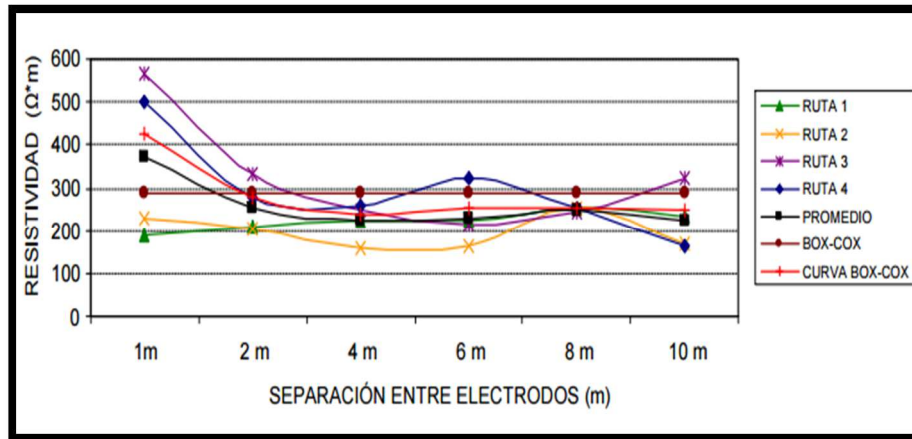


Figura 2.14 Medición con puntas de prueba
Fuente: epm (2008)

2.7.2. Método de Schlumberger – Palmer

Este método es casi igual al anterior con cuatro electrodos, dos de los cuales se utilizan para la corriente y los restantes para el voltaje, su diferencia radica como lo ilustra la figura 2.15, la distancia es la misma entre los electrodos extremos e internos, pero es diferente la distancia entre los electrodos internos a la anteriormente mencionada.

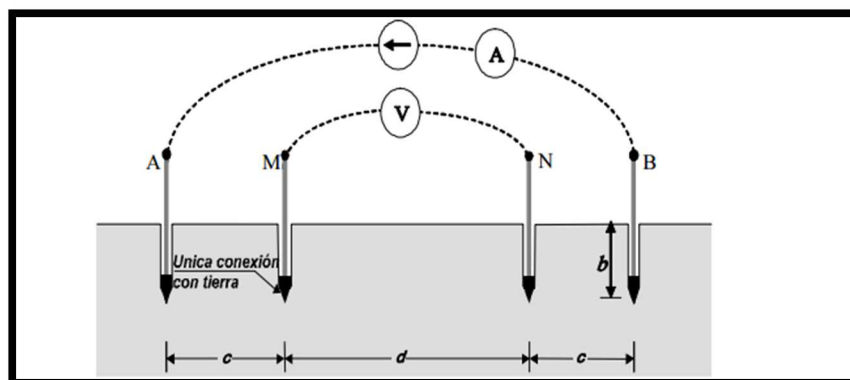


Figura 2.15 Método Schlumberger-Palmer
Fuente: epm (2008)

2.8. Sistema de puesta a tierra y pararrayos

Cuando hay una tormenta eléctrica el peligro que acecha son los rayos que se producen y sus posibles consecuencias tales como:

- Incendios.
- Daños en equipos electrónicos.
- Accidentes laborales, en el peor de los casos con la consecuencia de pérdidas humanas.
- Quedar fuera de servicio a unos o todos los clientes de las empresas de telecomunicaciones.
- Pérdidas económicas, entre otras.

Por tales razones estos son no tolerados. Golup (2002) indicó que en el siglo XVIII el señor Benjamín Franklin (1706-1790) analizó las semejanzas entre una chispa generada por un conductor eléctrico y un rayo.

Las nubes que se han convertido en cristales de hielo se convierten en rayo, descargándose sobre la superficie de la tierra en forma electrostática, Golup (2002) indica que los rayos son corrientes eléctricas de un gran amperaje las mismas pueden circular entre una nube y la tierra o entre nubes, sus valores oscilan entre 20,30, o 100 millones de voltios.

2.8.1. Pararrayos

Están colocados en todas las estaciones, están aislados, polarizados y unidos a sus varillas y cables de tierra por medio de soldas exotérmicas, los cuales tienen las siguientes características:

- Ecológico, por tal razón no afecta a la capa de ozono.
- Disipación de 100 a 500 kiloamperios, (rayo no supera los 150 kiloamperios).
- Descarga de 75000 Voltios, (promedio de 60000 Voltios).
- 25 metros sobre la punta es el campo de ionización.
- 75 metros de radio es su cobertura parabólica.
- Polarizado.

- Anclado.
- Aislado.

Los componentes principales de un pararrayo son:

- Varilla cilíndrica, con una o varias puntas de cobre de 5 metros de alto.
- Conductor eléctrico aéreo, por lo menos de un diámetro de 8 milímetros.
- Conductores eléctricos subterráneos, de iguales características que el anterior.
- Láminas de cobre de un área de por lo menos un metro cuadrado.

2.8.2. Sistema de puesta a tierra

Estos sistemas de puesta a tierra los realizaron con los siguientes elementos:

Varillas de cobre

Suelda exotérmica

Cable 2/0.

Herramientas varias.

2.8.3. Varillas de cobre

Las mismas garantizan la protección a los equipos e instalaciones, como también la vida de los técnicos frente a cualquier riesgo eléctrico, sus características son:

- Mínimo 15 años de vida útil.

- 6,35 mm de radio y 2,40m de longitud.
- Conductividad excelente.
- Dureza y resistencia a la traslado.

2.8.4. Suelta exotérmica

Las soldaduras son CADWELD, debido a que estas nunca se aflojan, corroen o incrementan su valor de resistencia, sus beneficios son:

- Preparación sencilla.
- Fácil de limpiar.
- Riesgo de error en la soldadura se reduce.

Tamaño correcto de la carga.

Simplifica la ignición.

ERICO. (s.f) Indica que este procedimiento de CADWELD PLUS es un procedimiento cómodo para realizar lazos eléctricos unibles utilizando suelta exotérmica. Además CADWELD PLUS constituye una forma de realizar la junta, el cual ha facilitado todo este proceso excluyendo los materiales de combustión y disminuyendo el tiempo de desarrollo.

2.9. Medición de resistividad del terreno

En todo proyecto de estaciones de telecomunicaciones, es primordial que se realice un estudio detallado de campo de la resistividad del terreno y se lo logra únicamente realizando mediciones del terreno con cualquier método, es recomendable realizarlo por el método de Wenner.

El objetivo según Acuña Javier et al, (2011), principal de todo sistema de puesta a tierra es de avalar la seguridad de todo el personal técnico y administrativo que trabaja en cualquier estación de telecomunicaciones, otra de las cualidades es obtener siempre en la estación un sistema electrónico y eléctrico conforme a los requerimientos del fabricante de los diversos equipos electrónicos que están funcionando en dicho lugar,

Las mediciones se las van a realizar según las indicaciones del fabricante.

Se deben realizar tres o más mediciones a distancias de, 5, 10 y 15 metros entre los electrodos de voltaje y de corriente.

Se usará el método Werner, debido a que la profundidad que se enterraran de los electrodos es 20 veces menos respecto a la distancia entre los mismos.

Como se observa en la figura 2.16, Acuña Javier et al, (2011), indica que los electrodos se deben colocar en un mismo eje, para luego hacer fluir corriente eléctrica entre los electrodos de los extremos en este caso A y B, para luego medir la tensión en los electrodos C y D.

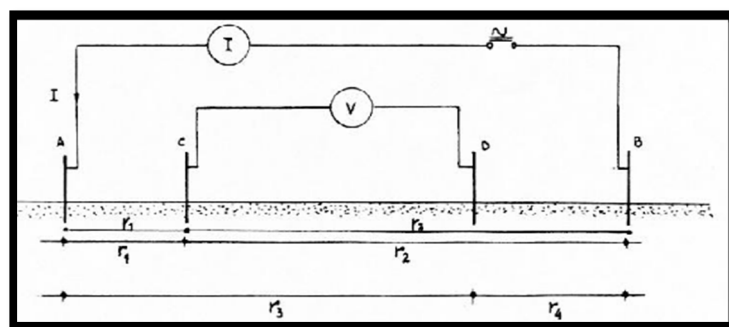


Figura 2.16 Configuración cuatro electrodos
Fuente: Acuña Javier et al, (2011)

La corriente que va a circular por los electrodos más lejanos, puede ser continua o alterna, siempre se utilizará alterna para evitar el aumento de la resistividad del terreno o también llamada resistividad aparente.

2.10. Medición de SPT.

Para dicha medición se puede utilizar un equipo CPC 100, que tiene la capacidad de sustituir, a numerosos equipos de prueba, tales como:

- Transformadores de corriente, tensión y de potencia.
- Cables de alta tensión.
- Sistemas de puesta a tierra.
- Máquinas rotativas
- Interruptores y cables de potencia.
- Protección de motores (relés).

Caso contrario se utilizara un Telurómetro, por ejemplo el GEOHM 3, GEO serie 1620 Fluke, entre otros.



Figura 2.17 Comprobador de resistencia de tierra FLUKE 1620
Fuente: Fluke corporation (2017)

Este equipo los mejoran año tras año, se venden por separado las actualizaciones y los nuevos accesorios.

2.11. Instrumento y materiales de medición.

En la figura siguiente se ilustran los diferentes materiales de medición con su respectivo instrumento de medida.



Figura 2.18 Materiales e instrumentos
Fuente: Acuña Javier et al, (2011)

El Telurómetro, enviará una señal de corriente que fluirá por medio de los electrodos C1 y C2 esto proporcionará una diferencia de potencial en el área a medir la resistividad y el equipo indicará la resistencia.

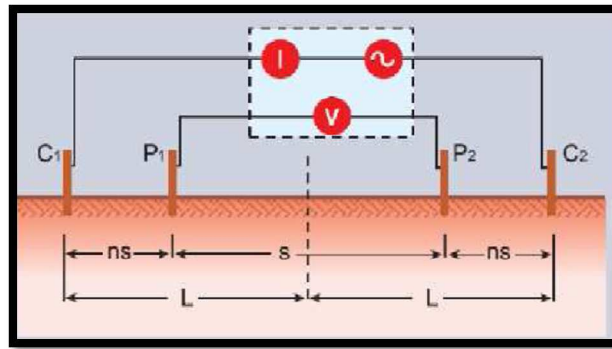


Figura 2.19 Configuración Telurómetro en cuatro electrodos
Fuente: Acuña Javier et al, (2011)

2.12. Leyes que rigen a los sistemas de puesta a tierra

El Estado Ecuatoriano ha creado leyes que rigen a los sistemas de puestas a tierra, con el fin de salvaguardar, a todos sus ciudadanos que trabajan en las diferentes áreas que están vinculadas con la electricidad, tales como:

- Estaciones eléctricas
- Subestaciones eléctricas
- Sistemas de recepción y trasmisión de información.
- Construcciones civiles como, edificios, coliseos, casas, iglesias, hidroeléctricas.
- Aeronáutica, entre otras.

El Ministerio de Trabajo (2012), indica los siguientes artículos:

Art. 1.- Condiciones generales.- cualquier instalación que genere, transforme, transporte, distribuya y utilice energía eléctrica, de forma permanente o provisional, así como sus desarrollos y transformaciones, se deben planificar y ejecutar en todas sus partes,

en función del voltaje que define su clase, con las consecutivas condiciones:

- 1.- Personal idóneo;
- 2 – Material apropiado;
- 3.- Aislamientos apropiados;
- 4.- Seguridad mecánica.

Todo esto para evitar los diferentes riesgos, debido al deterioro que pueden quedar expuestas, de tal manera que la intensidad eléctrica no produzca recalentamiento en los conductores, o aislantes, a cualquier unidad colocado en su proximidad; con el objetivo de proteger al personal técnico especializado de contactos involuntarios con conductores eléctricos o piezas conductoras habitualmente energizadas, protección que puede darse, realizando lo siguiente:

- a) Separación y protección de las partes conductoras energizadas;
- b) Colocación de obstáculos entre los técnicos y las partes conductoras energizadas;
- c) Aislamientos adecuados.

5.- Con la aplicación de las medidas necesarias para que las personas queden protegidas contra riesgos de contacto accidental con estructuras metálicas, energizadas por fallas del aislamiento, mediante:

- a) Puesta a tierra (aterrizaje) de las estructuras metálicas y masas;
- b) Conexiones equipotenciales;
- c) Conductores de protección.

Art. 2.- Protección contra descargas atmosféricas.- En las zonas particularmente expuestas a los efectos de los rayos, debe protegerse toda instalación eléctrica aérea contra las descargas atmosféricas.

Art. 3.- Identificación de aparatos y circuitos.-

1.- Los aparatos y circuitos que componen una instalación eléctrica deben identificarse con etiquetas o rótulos, o por otros medios apropiados con el objeto de evitar operaciones equivocadas que pueden provocar accidentes;

2. – El conductor neutro y los conductores de puesta a tierra y de protección, deben diferenciarse claramente de los otros conductores.

Art. 4.- Separación de las fuentes de energía.-

1.- En el origen de toda instalación se colocará un dispositivo que permita separarla de su fuente de energía. Esta separación debe hacerse en todos los conductores activos;

2. – En las instalaciones con varias salidas debe hacerse una separación por salida;

3.- Todo aparato que se utilice para cortar la corriente eléctrica, debe hacerlo simultáneamente en todos los conductores activos en una sola maniobra.

Art. 5.- Tomas de tierra y conductores de protección.- Las tomas de tierra y los conductores de protección deben satisfacer las condiciones siguientes:

1.- La disposición general de su instalación y los metales que son parte de su composición, deben elegirse de manera que eviten toda degradación ocasionada por acciones mecánicas y térmicas, y resistan la acción corrosiva del suelo, así como los efectos de la electrólisis;

2.- La conexión de las masas de los aparatos y de las estructuras metálicas, deben hacerse con derivaciones conectadas a una línea principal de tierra; en ningún caso debe conectarse en serie;

3.- No debe intercalarse en los conductores de protección: fusibles, interruptores o disyuntores;

4.- La sección de los conductores de tierra o para las conexiones equipotenciales, deben determinarse en función de la intensidad y de la duración de la corriente susceptible a fluir en caso de falla, para prevenir su deterioro por sobrecalentamiento, así como todo riesgo de incendio proveniente de ese sobrecalentamiento.

Art. 6.- Prohibición de utilizar la tierra como parte de un circuito activo.- Está prohibido utilizar como parte de un circuito activo la tierra, un conductor de protección, una canalización o cubierta metálica, o una estructura metálica que sea parte de una construcción.

Art. 7.- Instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de incendio o explosión.- Los equipos e instalaciones eléctricas situados en lugares con riesgos de incendio o explosión, estarán contruidos o instalados de tal forma que se impida el origen de tales siniestros.

Art. 8.- Instalaciones eléctricas en locales de características especiales.- En lugares húmedos, mojados, con riesgos de corrosión, sometidos a altas o bajas temperaturas y en cualquier otro lugar sometido a condiciones especiales, las instalaciones y equipos eléctricos se acomodarán a las condiciones particulares del medio, extremando las medidas de protección para el personal que opera y mantiene dichas instalaciones y equipo.

Capítulo 3: Equipos de comunicación de voz sensibles a descargas eléctricas.

En un sistema de telecomunicaciones, las partes o los elementos sensibles a descargas eléctricas, son los multiplexores y sus tarjetas de voz.

3. Multiplexor Marconi

El componente principal en todo sistema de telecomunicaciones es su multiplexor, en este caso el Multiplexor de la empresa Marconi, observar figura 3.4, el cual ofrece servicios de datos, multimedia y transmisión remota y además de una capacidad sorprendente en el espectro.

Sus principales características son:

- Pay-as-you-grow,.
- QoS excelente.
- Modular y flexible.

3.1. Características del Multiplexor Marconi

Las tarjetas en las posiciones de la 1 a la 11 cumplen diferentes funciones que se las indicaran a continuación, según la figura 3.1.

En el manual de Marconi de la fuente de alimentación indica que, las tarjetas 1-2 son las tarjetas de alimentación del multiplexor, a la misma le pueden suministrar 36 o 72 voltios de batería, luego este voltaje se aplica a un circuito contra sobretensiones y de filtrado, para luego ser enviado a dos convertidores de CC/CC, las que extraen tensiones estabilizadas de +5V, -12V y – 5V. Si existiera una eventual

sobrealimentación se activa el circuito de alarma de los circuitos del alimentador.



Figura 3.1 Multiplexor
Fuente: MARCONI (2003)

La alimentación comprendida entre 36 y 72 voltios de batería se la utiliza para la unidad ODU.

En la posición 3 se encuentra HDB3, la cual se detalla sus características según el manual Marconi, está equipada con cuatro o dos puertos para cada interface a colocar. Cada uno de estos pórticos contiene una etapa de transmisión y recepción. Esta tarjeta recoge los datos de configuración desde cada nodo. Esta información se transmite a través del bus de control, estos datos de configuración determinan cuándo el módulo de puerto HDB3 puede extraer o insertar datos desde o dentro del sistema del bus de datos de 2 Mbit / s.

En la dirección de transmisión, el multiplexor de la interfaz de 2 Mbit / s combina 30 señales digitales, la información de señalización va en la ranura (16), la señal de alineación de trama (0) a una señal multiplex de 2,048 Mbit / s. Esta señal múltiplex se envía en un nivel de señal de salida de 3 V.

De la posición 4 a la 8 se encuentran ubicadas las tarjetas de voz, las cuales utilizan señalización E&M. Estas tarjetas tienen 8 canales de voz que pueden trabajar en el modo de 2 ó 4 hilos.

Las tarjetas en la posición 10 y 11, tienen la propiedad de controlar, administrar el multiplexor, la cual se llama DQ2, la misma. Esta tarjeta permite que el sistema XMP1 esté conectado a un sistema de gestión de red, está diseñada para el modo de funcionamiento RS485.

3.2. Señalización

Hoy en día los multiplexores soportan diferentes señalizaciones, que les da la posibilidad de comunicar diferentes posiciones mediante canales de voz, están tienen diferentes configuraciones de acuerdo a su diseño:

- Control del tráfico del sistema de telecomunicaciones.
- Gestión del sistema de telecomunicaciones.
- Acceso y supervisión O&M de la red.
- Entre otros.

Según la tecnología a utilizar en los diferentes equipos de telecomunicaciones las señalizaciones difieren, una de las más utilizadas es la E&M, esta se la utiliza en comunicaciones de voz aeronáutica, debido a que es del tipo Half_Duplex.

Teos (2016). Indica que una interfaz analógica de señalización física E&M de voz, tiene cuatro puntos de audio la cual se produce en las derivaciones E y M.

Debido a que esta señalización se la utiliza en las centrales telefónicas, la han diseñado para ser utilizada en Multiplexores como canales de voz, debido a que le agregaron otras señales esto su diseño tiene un alto grado de complejidad, sus diferentes codificaciones son:

- SG señal de tierra
- SB Señal de batería
- E ear or earth
- T/R, al trabajar con dos hilos es el puerto de audio
- T1/R1, al trabajar con 4 hilos
- M mouth or magnet

Hay diferentes tipos de señalización en E&M, a las cuales las mencionaremos a continuación:

3.2.1. Señalización tipo 1

Como se observa en la figura 3.2, cuando no hay transmisión de voz, el terminal E está abierto y el terminal M esta aterrizado.

Para realizar una comunicación con otra estación, al descolgar el auricular el terminal M se conecta al voltaje DC (Batería), mientras el terminal E se conecta a tierra.

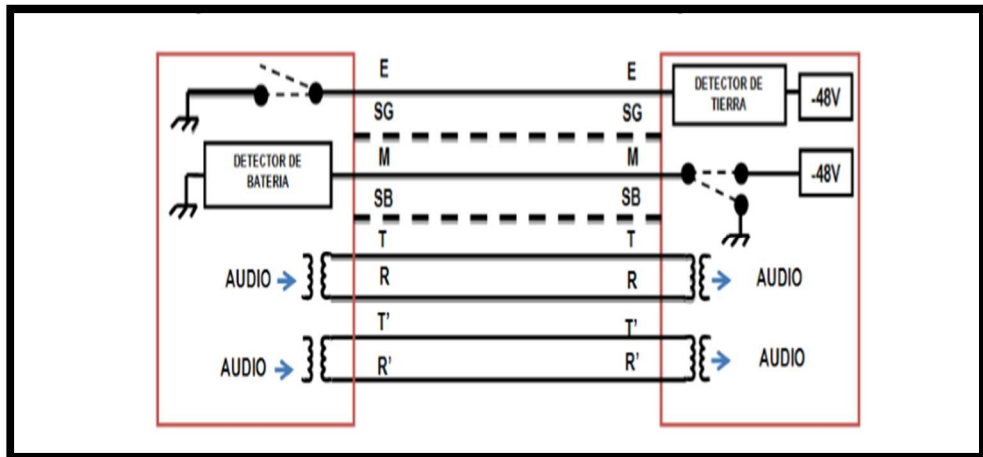


Figura 3.2 Tipo 1
Fuente: Teos, A. (2016)

3.2.2. Señalización tipo 2

Para realizar una comunicación con otra estación, al descolgar el auricular el terminal M se conecta al SB detector de batería y el terminal E se conecta al SG detector de tierra.

Este tipo de señalización utiliza 4 hilos para la comunicación:

- ✓ E
- ✓ M
- ✓ SG
- ✓ SB

Este tipo de señalización se observa en la figura 3.3.

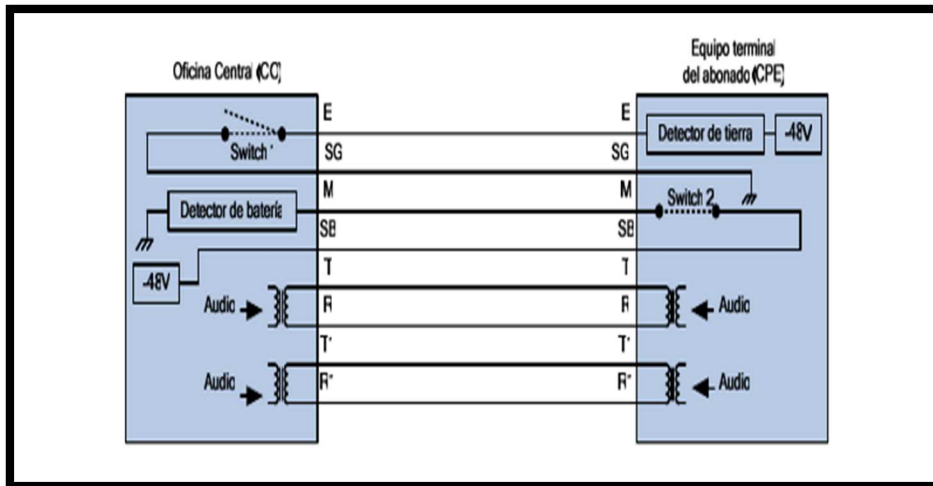


Figura 3.3. Tipo 2
Fuente: Teos, A. (2016)

3.2.3. Señalización tipo 4

En la figura 3.4, se ilustra cómo se realiza este tipo de señalización.

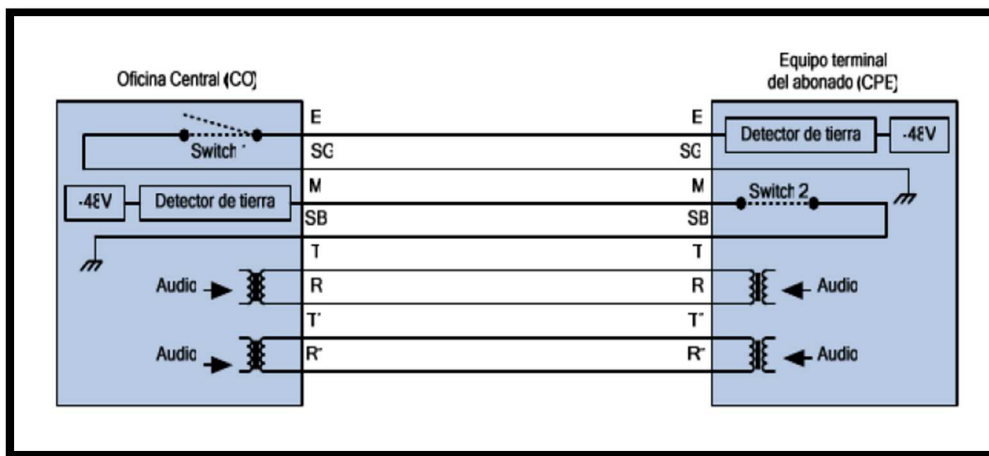


Figura 3.4. Tipo 4
Fuente: Teos, A. (2016)

Esta señalización se la puede configurar back to back y aislamiento de tierra, se la utiliza en canales de voz de alta jerarquía.

3.2.4. Señalización tipo V

Como se observa en la figura 3.5. Para realizar una comunicación con otra estación, al descolgar el auricular el terminal M y E se conectan los potenciales de tierra.

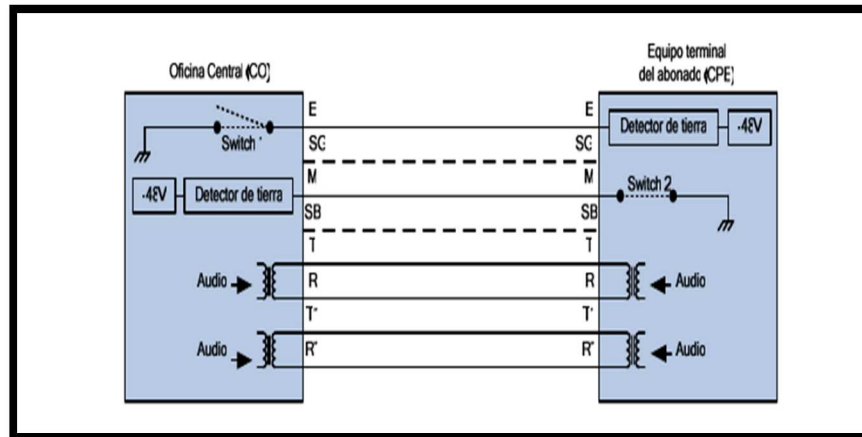


Figura 3.5. Tipo 5
Fuente: Teos, A (2016)

Capítulo IV: Obtención de las mediciones del SPT e interpretación de resultados, encuesta y entrevistas.

Para poder realizar un análisis preciso de cuál es el efecto que producen las descargas eléctricas en los canales de voz, se procedió a realizar las siguientes actividades:

- Solicitar permiso de ingreso a la estación.
- Realizar mediciones tanto de voltajes como de corrientes alternas y continuas en diferentes puntos de la estación.
- Mediciones de resistencia en la malla de tierra.
- Solución del problema.

4.1. Solicitar permiso de ingreso a la estación

Se visitaron tres estaciones de telecomunicaciones:

- Condorcocha
- Mullidaíhuan
- Cerró Azul

4.2. Realización de mediciones de voltajes y corrientes alternas y continuas en los diferentes puntos de la misma.

Las mediciones se las realizó en los tableros de distribución principales. Debido a que en este punto está la distribución de la carga de la estación. Con los siguientes datos:

Tabla 4.1 Medición de voltajes

Posición	Voltaje 110VAC	Voltaje 220VAC	Corriente DC
Entrada del panel de distribución.	120	220	-----
Sala de equipos de multiplexores.	119	221	+5, -12, -5

Elaborado por: Ing. Edgar Quezada

Las mediciones están correctas, respecto a las características de los equipos en mención, se las realizaron con un multímetro fluke 289, esta herramienta de medición censa cambios bruscos de mediciones y los mismos son grabados para obtener las diferencias de voltaje, que se producen en la estación.

4.3. Medición del sistema de la malla a tierra.

Tabla 4.2 Medición de resistencia

Posición	Medición R(Ohmios) eléctrica
Entrada del panel de distribución	22
Sala de equipos de multiplexores	25
Sala de equipos radar	20
Sala de equipos radio ayudas	25

Elaborado por: Ing. Edgar Quezada

Estas mediciones están incorrectas respecto al NATSIM, en los sistemas de puesta a tierra sección 13 numeral 6, hace referencia que la resistencia eléctrica del sistema de puesta a tierra deberá ser inferior a 20 ohmios, si fuera mayor, deberá utilizarse 2 o más electrodos de puesta a tierra en paralelo.

Las mediciones se las realizo con el equipo CPC 100, siguiendo las normas del fabricante.

También tomaron en cuenta la norma estándar IEEE 142-1991 mínimos para el sistema de puesta a tierra, como se indica a continuación:

Tabla 4.3 IEEE142-1191 Valor de resistencia

Lugar	Valor de SPT(Ω)
Sector domestico	2,5
Sectores industriales y estaciones comerciales	1,5
Estaciones de generación, líneas de trasmisión, estaciones de telecomunicaciones	1

Fuente: IEEE 142-1991

Debido a que estas mediciones de resistencia del sistema de puesta a tierra son elevadas, para lo que se concluye que se debe realizar un ajuste al sistema de tierra original.

4.4. Instrumentos de la investigación

Quezada (2011) Para este tema de trabajo de titulación, se realizaron tanto entrevistas como encuestas a ingenieros del Colegio Regional de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Litoral. Las preguntas de las encuestas y entrevistas fueron objetivas, para luego realizar un diagnóstico preciso.

Antes de elegir a las personas a encuestar y entrevistar se realizó un estudio e quien o a quienes, se debía hacerlo y por las responsabilidades y riesgos de trabajo se lo realizo al personal técnico de las diferentes empresas por eso se eligió a ingenieros del CRIEEL.

Con estas herramientas de exploración sirvieron para dilucidar la situación actual delos diversos sistemas de puesta a tierra en las estaciones de telecomunicaciones.”(p. 103)” “(104)”

Existen aproximadamente 2500 socios en el CRIEEL, para encontrar la muestra trabajaron con la siguiente formula:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

Z es el nivel de confianza

N el tamaño de la población

p y q suman 1

d es la precisión.

En este caso se para cálculos:

Z= 2.58

N=2500

p=0,8 y q=0,2

d= 0,1

$$n = \frac{(2500)(2,58^2)(0,8)(0,2)}{0,1^2(2500 - 1) + (2,58^2)(0,8)(0,2)}$$

$$n = \frac{2662,56}{24,99 + 1,06}$$

$$n = \frac{2662,56}{26,055}$$

$$n = 102,18$$

La muestra es de 102.

4.5. Interpretación de la encuesta

1. ¿Cuántos años de experiencia en telecomunicaciones tiene usted?

Tabla 4.4 Años de experiencia en telecomunicaciones

N°	Detalle	Frecuencia	Porcentaje
1	De 1 a 5	15	14,70588
2	De 5 a 10	32	31,37255
3	10 o más	55	53,92157
4	Total	102	100

Realizado por: Ing. Edgar Quezada

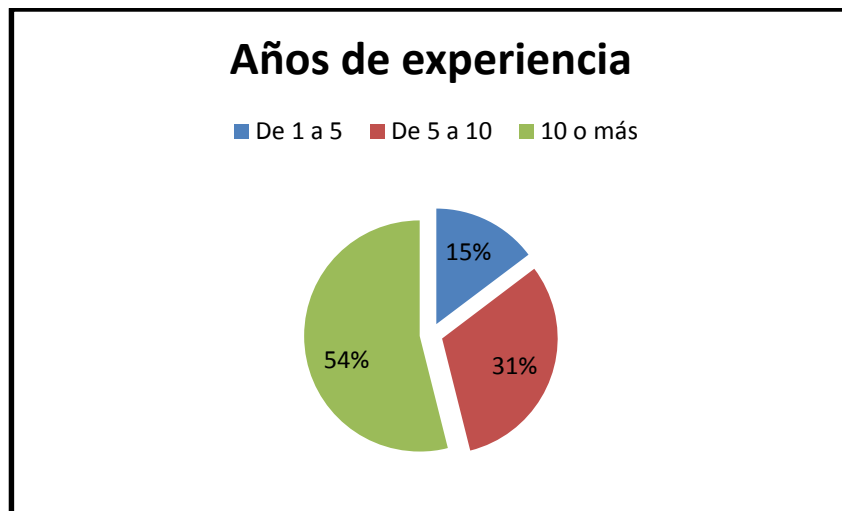


Figura 4.1 Años de experiencia
Realizado por: Ing. Edgar Quezada

Cincuenta y cinco de un total de ciento quince tienen solamente una experiencia de 10 años o más.

Los técnicos tienen habilidades y conocimientos, debido a sus periodos de trabajo constantes en una determinada tarea.

2. ¿Ha sido testigo o ha sufrido accidentes eléctricos debido a descargas eléctricas por lluvias?

Tabla 4.5 Accidentes por descargas eléctricas

N°	Detalle	Frecuencia	Porcentaje
1	SI	82	80,39216
2	NO	20	19,60784
3	Total	102	100

Realizado por: Ing. Edgar Quezada

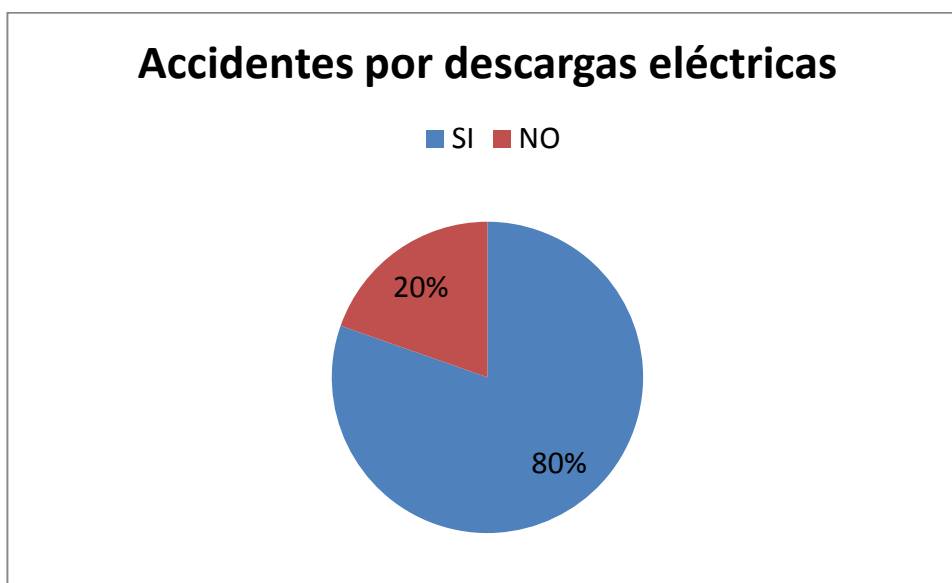


Figura 4.2 Accidentes por descargas eléctricas
Realizado por: Ing. Edgar Quezada

Ochenta y dos técnicos han presenciado accidentes por descargas eléctricas.

Los accidentes pueden ser eliminados, si las empresas se dedicaran a trabajar con normas de seguridad ISO y que no estén preocupados en ahorrar para maximizar sus ganancias.

3. ¿Cuál de las siguientes mediciones desearía que se realicen en las estaciones donde usted labora?

Tabla 4.6 Mediciones que desean que se realicen

N°	Detalle	Frecuencia	Porcentaje
1	Resistividad	102	50
2	Resistencia	102	50
3	Total	204	100

Realizado por: Ing. Edgar Quezada



Figura 4.3 Mediciones que desean que se realicen
Realizado por: Ing. Edgar Quezada

Todos los técnicos encuestados, están de acuerdo que se realicen mediciones de resistividad del terreno y de la resistencia del sistema de puesta a tierra, para evitar posibles problemas en la salud del personal que labora en las estaciones y posibles daños en los equipos.

4. ¿Con que frecuencia desearían que se realicen las mediciones del literal anterior que selecciono usted?

Tabla 4.7 Frecuencias de las mediciones

N°	Detalle	Frecuencia
1	Semestralmente	94
2	Anualmente	8
3	Total	102

Realizado por: Ing. Edgar Quezada

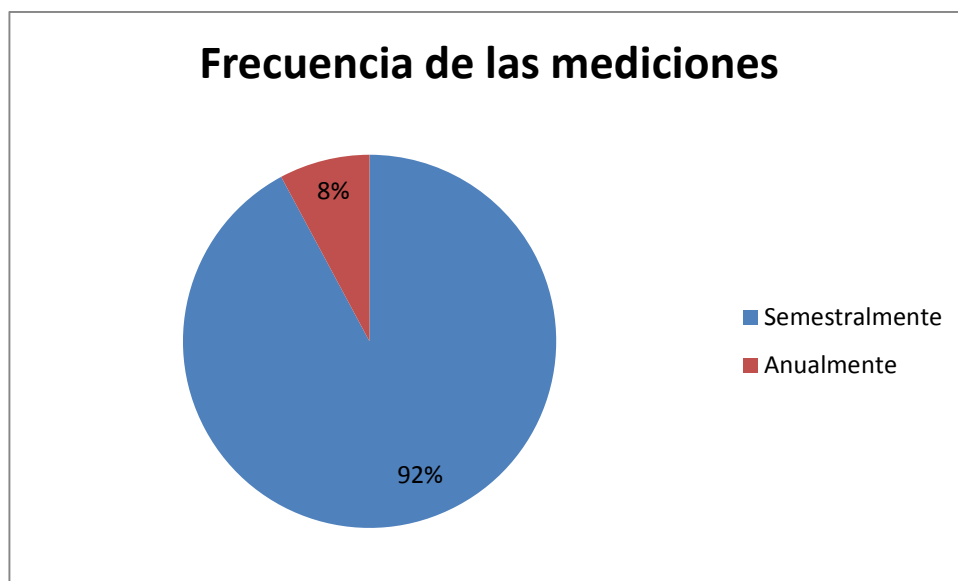


Figura 4.4 Frecuencias de mediciones
Realizado por: Ing. Edgar Quezada

Los empleados y dueños de las empresas de telecomunicaciones se sienten seguros al realizar labores tanto en la parte interior de los sistemas como en la exterior siempre y cuando se realicen mediciones semestrales de la resistencia del sistema..

5. ¿Usted cree que el aumento de la resistividad del terreno, provocan los daños a los canales de voz, cuando acontecen tormentas eléctricas en las estaciones de telecomunicaciones?

Tabla 4.8 Aumento de la resistividad del terreno

N°	Detalle	Aumento de resistividad en el terreno
1	SI	82
2	NO	20
3	Total	102

Realizado por: Ing. Edgar Quezada

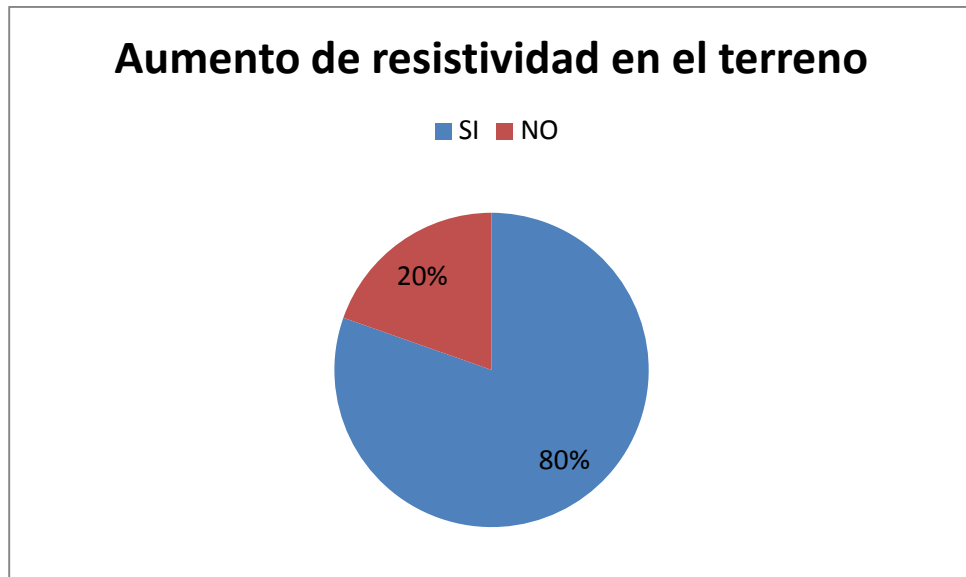


Figura 4.5 Aumento de resistividad del terreno

Realizado por: Ing. Edgar Quezada

Después de que cada técnico llenó la encuesta indicaba que el aumento de resistividad del terreno es por los cambios bruscos del clima lo que provoca la disminución de humedad del terreno.

4.6. Entrevista

Se realizó una entrevista a los ingenieros José Mendoza Marchan y Guillermo Guerrero Sánchez.

1. ¿Cómo usted reduciría los accidentes eléctricos en la empresa donde labora?

Coincidieron que deben cumplir las normas de la IEEE:

2. ¿Qué cualidades debe tener un sistema de puesta a tierra?

El ingeniero Mendoza indicó que el sistema de puesta a tierra debe tener una resistencia mínima, menor a 2 ohmios, si es el caso exista una descarga no afecte a los equipos ni al personal que labora en las estaciones.

El ingeniero Guerrero indicó que nunca debe perder su cualidad principal el sistema de puesta a tierra, es decir que siempre pueda absorber las descargas eléctricas.

3. ¿Qué fenómeno físico afecta a un sistema de puesta a tierra?

A una sola voz respondieron que el aumento de la resistividad del terreno, afecta a la resistencia del terreno.

4. ¿Qué recomendaría para que el SPT siempre este optimo?

Nuevamente indicaron que se hagan anualmente mediciones de la resistividad del terreno donde está instalado el SPT.

Capítulo 5. Conclusiones.

5.1 Conclusiones

- Para realizar un óptimo sistema de puesta a tierra, se debe realizar un estudio detallado de la capacidad de conducción del suelo donde se va a instalar dicho sistema.
- La respectiva medición de la resistividad del terreno o área donde se colocará la malla de tierra, no se la debe realizar en época de lluvias, porque esta medida no es la correcta, esta medición debe ser tomada en verano, donde la capacidad de humedad del terreno decae.
- La profundidad que son enterrados de los electrodos de prueba en la medición de resistividad del suelo no afecta el resultado de la misma.
- Un sistema de puesta a tierra, debe dar seguridad a los trabajadores, para que se realice con facilidad el aislamiento de los mismos en caso de una eventual sobrecarga eléctrica.
- El cambio climático continuo ha desarrollado que las tierras permanezcan mayor tiempo del año seco por lo cual la resistividad de terreno aumenta provocando que la resistencia del sistema de puesta a tierra se incremente.

- Los sistemas de puesta a tierra deben realizarse con el de varillas electroquímicas.
- Los sustratos aplicados al electrodo químico aseguran siempre una resistencia a tierra ultra baja.
- El tiempo de vida útil de los electrodos químicos es de 4:1 respecto a las varillas de cobre.

5.2 Recomendaciones

- El daño continuo de la capa de ozono, ha realizado variaciones del clima en todo el planeta, por tal razón antes de realizar una medición de la resistividad del suelo, se debe tomar en cuenta la época seca o lluviosa, para determinar correctamente las mediciones.
- Se deben realizar correctamente las uniones de las varillas y cables de tierra, con excelentes sueldas exotérmicas.
- Al realizar las mediciones de resistividad del terreno, se debe enterrar correctamente los electrodos de prueba, para que los mismos tengan una excelente unión con el terreno y así obtener mediciones precisas.
- Se debe realizar un monitoreo visual cada tres meses y semestralmente se deben realizar mediciones en diferentes puntos del sistema de puesta a tierra.
- Siempre se debe colocar electrodos químicos en los SPT.
- Realizar mediciones de resistividad del terreno cada 12 meses.
- Siempre deben colocar en el área donde se construirá un SPT sales, con la finalidad de aumentar conductividad del terreno que forma parte el SPT.

Referencias Bibliográficas

Acuña Javier et al, (2011). Medida de resistividad del terreno. Facultad de ciencias físicas matemáticas. Departamento de ingeniería eléctrica. Universidad de Chile. Disponible en: https://www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d/mi_blog/r/1_Informe_Resistividad_de_Suelo.pdf

Arcila, José (s. f). Riesgos para las personas asociados con la intervención de sistemas eléctricos. Ingeniería especializada S.A.(páginas 74). Disponible en:

http://www.ridssso.com/documentos/muro/207_1421271398_54b6e1665d20e.pdf

Agulleiro, I (s. f). Técnicas modernas para la medición de sistemas de puesta a tierra en zonas urbanas. Disponible en: https://www.academia.edu/9540169/T%C3%89CNICAS_MODERNAS_PARA_LA_MEDICI%C3%93N_DE_SISTEMAS_DE_PUESTA_A_TIERRA_EN_ZONAS_URBANAS_EXTRACTO

Astudillo, C. y Cajamarca, M. (2012) Cálculo de sistemas de puesta a tierra aplicación de la norma IEEE 80-2000. Universidad de Cuenca. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/694/1/te326.pdf>

Cárdenas, J. y Galis, E. (2011). Manual para la interpretación del perfil de resistividad obtenido al realizar el estudio de la resistividad del suelo a partir de las configuraciones del método de Wenner. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.

Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2568/621317C266.pdf?sequence=1> Recuperado: 14 de julio del 20161.

Cegarra, José (2012). Metodología de la Investigación. Madrid. Ediciones Dáz de Santos. ISBN: 978-84-9969-391-0 Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=YROO_q6-wzqC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Dirección General de Aviación Civil. (2016). Planificación de vuelos. Disponible en: <http://www.ais.aviacioncivil.gob.ec/ifis3/aip/ENR%201.10>

Duche, E. y Miñan, W.(2013). Diseño del sistema de puesta a tierra de la estación repetidora el Alisal para sistemas de telecomunicaciones de Movistar. Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5724/1/UPS-GT000517.pdf>

Elex. (2016) Drager. Disponible en elexa.com

EPI BALEAR. (2016). Profesionales de la seguridad laboral. Disponible en: www.epibaleaer.es

Epm. (2008) Normas técnicas. Medida de resistividad eléctrica del suelo. Área ingeniería distribución. Disponible en: https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_6_Normas_de_montajes_complementarios/RA6-014MEDIDADADERESISTIVIDAD_V3.pdf

Erico. (s.f). CADWELD PLUS. Disponible en: <https://www.erico.com/catalog/literature/E426B-SP.pdf>

Fierro, R. y Flores, M. (2010). Diseño del sistema a tierra de la subestación eléctrica del nuevo Campus de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil. Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2096/12/UPS-GT000149.pdf>

Fluke (2017). Comprobadores de tierra. Disponible en: <http://www.fluke.com/fluke/eces/comprobadores-de-tierra/fluke-1625-1623.htm?pid=56020>

García, M. (2014). Problemas de la investigación empírica en sociología. Madrid. Consejo editorial de la colección Monográficas. ISBN: 978-84-7476-633-2. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=FxCkAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=metodo+deductivo&ots=Y3lmWrZtva&sig=a-LEbmz0NGicJmvaE9-PBfZpK5s#v=onepage&q&f=false>

González, C., Matienzo, R. (s. f). Investigación y diseño de interconexión inalámbrica de radio frecuencia RF, para la red corporativa de Tocomá, en la nueva represa de EDELCA. Universidad Metropolitana. Caracas. Disponible en: <http://repositorios.unimet.edu.ve/docs/25/ATTA168G6R3.pdf>

Golup, G (2002). Tormentas eléctricas y pararrayos. Facultad de ciencias exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad de Rosario. Argentina. Disponible en: www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/tormentas.pdf

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. (2000). Guide for Safety in AC Substation Grounding. Disponible en <http://www.dee.ufjr.br/~acsl/grad/equipamentos/IEEE-std80.pdf>

IMPERMEXA. (2016). Impermeables y equipos de seguridad. Disponible en: <http://www.impermexa.com>

García, R (1999). Puesta a tierra de las instalaciones eléctricas. Marcombo, S.A. 1ª edición. 158 páginas ISBN 8426707998

Marconi. (2003). Curso Multiplexor FlexPlex XMP. Italia.

Ministerio de Energía y Minas (2011). Código Nacional De Electricidad. Disponible en: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/II%20FORO%20REGIONAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20CHICLAYO%202011%20LAMBAYEQUE/2%20Nuevo%20Codigo%20Nacional%20de%20Electricidad-%20Suministro%202011.pdf>

Ministerio de trabajo (2012). Reglamento de seguridad del trabajo contra riesgos en instalaciones de energía eléctrica. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/Reglamento-de-Seguridad-del-Trabajo-contra-Riesgos-en-Instalaciones-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica.pdf>

Miño, W. y Freire, L. (2011). Análisis y simulación del sistema de puesta a tierra en transformadores de distribución en el alimentador 01CV13B1S1-Oriental del la subestación 01C el Calvario de ELEPCO S.A. escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/5021/T-ESPEL-0868.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Monterroso, P. (2013). Sistema de protección eléctrica en radio bases de telefonía móvil. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Electrónica. Cartago. Disponible en:http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3122/sistema_proteccion_electrica_radio_bases_telefonia_movil.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Procobre. (s.f). Sistemas de puesta a tierra. Disponible en:<http://www.analfatecnicos.net/archivos/08.PuestaATierra.pdf>

Quezada, E (2011) Estrategias andragógicas que emplean los docentes para optimizar el aprendizaje de circuitos digitales en los estudiantes de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil.

Ramírez, G (2011). SEGURIDAD ELÉCTRICA Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN. Disponible en:<http://www.indisa.com/indisaonline/anteriores/Indisa%20On%20line%2097%20-%20Seguridad%20electronica.pdf>

Rojas, G. (2010). Manual de sistemas de puesta a tierra. Disponible en: <https://hugarcapella.files.wordpress.com/2010/03/manual-de-puesta-a-tierra.pdf>

Rendón, N. (2011). Propuesta de diseño del sistema de protección contra fallas de origen atmosférico en estaciones de telecomunicaciones. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/238>

Rodríguez, M. (2013). Propuesta metodológica de aterrizamiento en instalaciones comerciales e industriales. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Disponible en:http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2013/pb2013_045.pdf

Rubino, M. (2011). Fundamentos de puesta a tierra. Lyncole.8. Recuperado de:https://www.academia.edu/8229918/Fundamentos_de_Puesta_a_Tierra

Prevención de riesgo eléctrico
http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/seguridad/Prevencion_de_riesgo_electrico.pdf

Teos, A (2016). Implementación de la señalización DTMF y respuesta interactiva de voz usando radios E&M. Universidad de el Salvador. San Salvador. Disponible en:

<http://ri.ues.edu.sv/10342/1/Implementaci%C3%B3n%20de%20la%20se%C3%B1alizaci%C3%B3n%20DTMF%20y%20respuesta%20interactiva%20de%20voz%20usando%20radios%20E%26M.pdf>

Glosario.

Electrodo.- es una varilla de contacto, conductora tiene un borne de conexión mediante el cual se realiza un enlace directo a tierra.

E&M.- es un tipo de señalización para circuitos telefónicos, que se caracteriza por utilizar vías separadas para las frecuencias de señalización y las de voz. M es de Mouth (boca), E es de Ear (oído).

Half_Duplex.- es un método de transmisión (hdx), el cual admite realizar transmisiones en ambas direcciones; pero la transmisión ocurre en una sola dirección a la vez. Esto se debe porque en TX/RX comparten una sola frecuencia.

HDB3.- pertenece a los códigos de altibajos, es utilizado en Europa y Japón, consiste en reemplazar cadenas de cuatro ceros por una de dos o un pulso.

IDU.- la unidad interior, esta realiza la modulación y se interconecta con el backbone de la red.

ODU.- en si es la unidad de radio esta definida por la frecuencia de sintonización y la potencia de trasmisión.

Rayo.- se lo conoce como la descarga eléctrica que ocurre al interactuar nubes de diferente polaridad y el mismo produce una descarga eléctrica que se estrella con el planeta tierra.

Resistividad aparente.- esta es obtenida al realizar una medición directa con el suelo natural, bajo el esquema geométrico especificado por el método Wenner, con circuitos independientes tanto de corriente y de voltaje, sólo es representativo para un punto de la característica del suelo estratificado.

Resistividad del suelo.- esta es la resistencia específica del suelo realizada a una cierta profundidad del suelo, se la expresa en (Ωm).

Resistividad eléctrica.- (ρ) en algunos textos también la denominan como, resistencia eléctrica específica la misma calcula la fuerza de oposición de cualquier material al flujo de electrones.

Señalización.- es una rama o flujo de bits que se utiliza para enviar o recibir información

Suelo: es un eco-sistema natural, resultado de métodos químicos, físicos, y biológicos, el cual contiene minerales y sólidos inertes que le dan estabilidad.

SPT.- denominado Sistema de puesta a tierra, este es el método utilizado para brindar seguridad eléctrica en toda estación de telecomunicaciones, la cual funciona al conducir descargar eléctricas hacia la tierra logrando que el personal técnico o usuarios no entren en contacto con las mismas.

Anexos



Encuesta de protección de sistemas de puesta a tierra

LA SIGUIENTE ENCUESTA TIENE COMO OBJETIVO ENCONTRAR UNA SOLUCIÓN ÁGIL E INMEDIATA A LOS DIFERENTES PROBLEMAS QUE CAUSAN LAS DESCARGAS ELÉCTRICAS EN SUS ESTACIONES DE TRABAJO EN LOS CANALES ORALES.

1. ¿Cuántos años de experiencia en telecomunicaciones tiene usted?

--

2. ¿Ha sido testigo o ha sufrido accidentes eléctricos debido a descargas eléctricas por lluvias?

--

3. ¿Cuál de las siguientes mediciones desearía que se realicen en las estaciones donde usted labora?

Mediciones de resistividad del terreno	Mediciones de resistencia del sistema de puesta a tierra

4. ¿Con que frecuencia desearían que se realicen las mediciones del literal anterior que selecciono usted?

Semestralmente	Anualmente

5. ¿Usted cree que el aumento de la resistividad del terreno, provocan los daños a los canales orales, cuando acontecen tormentas eléctricas en las estaciones de telecomunicaciones?

--

Por la atención se le agradece.

Materiales de protección para el personal de mantenimiento

Para poder realizar un mantenimiento general de cualquier sistema de puesta a tierra se debe tomar en cuenta en primer lugar, el equipo de protección adecuado para evitar daños si llegase a suceder un accidente involuntario al realizar dicho trabajo. Estos equipos de protección deben cumplir las normas INEN y las IEEE, con la finalidad de disminuir cualquier daño al personal, equipo de mediciones o calibraciones y de la estación en general.

A continuación se detallara los diferentes materiales que debe estar conformado este equipo de protección:

- Casco de protección:
- Guantes
- Botas
- Chalecos
- Equipo de comunicación portátil

1.- Cascos

Los cascos se clasifican por tipo de impacto y clase eléctrica, todos los cascos de seguridad industrial deben cumplir ya sea con los requisitos tipo I o tipo II. Todos los cascos deben clasificarse adicionalmente como que cumplen con requisitos eléctricos clase G, clase E o clase C. Los cascos que cumplen con los requisitos de ensayo para uso en posición al revés deben rotularse con la marca de uso en posición al revés. Por ejemplo: tipo I, clase G o tipo II, clase E LT. Esta clasificación se aplica para los cascos que cumplan con los métodos de ensayo del Anexo A.

Tipos de impacto

Tipo I: Los cascos tipo I están previstos para reducir la fuerza de impacto resultante de un golpe solamente a la parte superior de la cabeza.

Tipo II: Los cascos tipo II están previstos para reducir la fuerza de impacto resultante de un golpe a la parte superior o lados de la cabeza.

Clases eléctricas

Clase G (general) Los cascos clase G se prevén para reducir el peligro de contacto con conductores de bajo voltaje. Las muestras de ensayo deben probarse a 2200 V (fase a tierra). Este voltaje no se prevé como una indicación del voltaje al que el casco protege a la persona que lo usa.

Clase E (eléctrica) Los cascos clase E se prevén para reducir el peligro de contacto con conductores de más alto voltaje. Las muestras de ensayo se prueban a 20 000 V (fase a tierra). Este voltaje no se prevé como una indicación del voltaje al que el casco protege a la persona que lo usa.

Clase C (conductiva) Los cascos clase C no se prevén para proveer protección contra contacto con riesgos eléctricos.



Figura 1 Tipos de casco
Fuente: ELEX (2016)

2. Guantes

Para protegerse sus extremidades superiores el personal técnico debe utilizar guantes según las tablas 3.1 y 3.2, que no solo le incorporen protección mecánica llamados guantes compuestos, sino que además debe proteger parte del brazo llamados guantes largos compuestos.

Algunos de los parámetros que tienen los guantes son los siguientes:

- Referencia normativa
- Símbolo IEC
- Número de serie
- Banda de controles y verificaciones
- Clase categoría
- Marca de fabricante
- Talla
- Fecha de fabricación (mes, año)

Los guantes dieléctricos o también llamados aislantes fabricados de látex, el cual protege dependiendo del grosor del mismo, pero para lograr un aislamiento total además se colocan guantes de cuero, los cuales siguen normas según se colocan en las siguientes tablas:

Tabla 1 Guantes

Norma	Clase Según características eléctricas	Categoría Según propiedades especiales
UNE EN 60903:2005	00	A: resistente al ácido H: resistente al aceite Z: resistente al ozono R: comprende: A, H y Z C: resistente a muy bajas temperaturas
	0	
	1	
	2	
	3	
	4	

Fuente: EPI BALEAR (2016)

Tabla 2 Guantes

Guante aislante clase	Tensión de operación más elevada de la red U_s		Tensión soportada U_r	RILL U_{90r}
	KV eficaces	KV cc	KV eficaces	KV pico
00	0,5	0,75	5,0	a
0	1,0	1,5	10	a
1	7,5	11,25	20	25
2	17,0	25,5	30	50
3	26,5	39,75	40	66
4	36,0	54,0	50	83

Fuente: EPI BALEAR (2016)

Los guantes deben ser verificados cada seis meses siempre y cuando los mismos sean utilizados frecuentemente.

Los de clases 1/0, 2/ 00 se los verifica realizando una inspección visual además se verifica si tiene fuga de aire inflándolos.

Los guantes de las clases 1 a la 4, antes de ser utilizados se deben verificar siempre, los verifican en los laboratorios realizando ensayos dieléctricos descrito por la norma EN 60903.

Estos ensayos dieléctricos los realizan en diferentes laboratorios, los cuales consisten en no romper la rigidez dieléctrica de un material al

aplicarle un campo eléctrico que sobrepasa la misma y se convierte en conductor al material en este caso al látex.

3. Botas

La utilización de un calzado de seguridad, es de virtual importancia para la seguridad del empleador, ya que lo protegerá de los diferentes riesgos que le puedan amenazar en su área de trabajo.

Este calzado debe proteger a los dedos, con un tope de seguridad para un choque frontal y de una compresión estática.

El calzado debe tener las siguientes estampas:

SB= calidad del material de fabricación, transpiración, resistencia de puntera y resistencia de compresión.

P= Resistencia a la perforación de la suela.

E= Absorción de energía del tacón.

HRO= Resistencia al calor de contacto.



Figura 2 Botas
Fuente: EPI BALEAR (2016)

Como se observa en la figura 2, es necesario ante de elegir un calzado para el personal, de obtener un folleto de diferentes fabricantes de los datos útiles, tales como:

Clases de protección

Caducidad.

Almacenamiento, entre otras.

El mantenimiento del calzado es riguroso, el cual consiste en lo siguiente:

Limpieza constante.

Ponerlo a secar constantemente, debido a que sudan los pies.

4. Chalecos

Los chalecos son sinónimo de calidad en la seguridad de los que conforman el quehacer diario de una empresa de telecomunicaciones. Observar figura 3.

IMPERMEXA (2016) indican que el chaleco de visibilidad contra accidentes es primordial su uso, para las personas que realizan actividades en zonas de riesgo en donde transitan vehículos o equipos móviles, ya sea a baja y alta velocidad. Ponemos a su disposición diferentes tipos de chalecos. Con cintas reflejantes de micro prismas (100% PVC) color verde y blanco, de micro esferas (de vidrio con alto poder de refracción) color gris, a elegir de acuerdo su gusto y a cada necesidad. Además contamos con Chamarra y Pantalón de alta visibilidad.

Deben por lo menos tener las siguientes características:

Visibilidad

Cintas reflejantes de poliéster

Cierres plásticos reforzados

Cordones elásticos para su respectivo ajuste

Materiales lavables

Luces de encendido apagado
Iluminación intermitente y rápida



Figura 3 Chaleco
Fuente: IMPREMEXA (2016)

4.1. Materiales de fabricación

Estos vestuarios se los confecciona con material fluorescente y reflectante, se los utiliza de esta manera para identificarlos tanto en el día como en la noche.

Fluorescencia.- máxima luminiscencia al ser iluminados emiten iluminación.

Fosforescencia.- emiten iluminación mientras y después de iluminar.

El material fluorescente es práctico en el día ya que tiene la propiedad de convertir los rayos ultravioleta (invisible), en luz visible, estos colores son el rojo, amarillo y anaranjado.

La fosforescencia estos materiales absorben energía y luego la emiten en forma de luminosidad.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Edgar Raul Quezada Calle**, con C.C: # 1710841659 autor del trabajo de titulación: **Incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz, en los enlaces de telecomunicaciones**, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de mayo de 2017

Nombre: **Edgar Raul Quezada Calle**

C.C: **1710841659**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz, en los enlaces de telecomunicaciones.		
AUTOR(ES)	Edgar Raul Quezada Calle		
REVISOR(ES)/TUTOR	MSc. Orlando Philco Asqui; MSc. Luis Córdova Rivadeneira / MSc. Manuel Romero Paz		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de mayo de 2017	No. DE PÁGINAS:	89
ÁREAS TEMÁTICAS:	Multiplexores, Sistemas de puestas a tierra.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Palabras claves: Canales de voz, Tormentas eléctricas, Multiplexores, Sistema de puesta a tierra, radio-enlaces.		
RESUMEN/ABSTRACT.			
<p>Este trabajo representa el desempeño de un sistema de puesta a tierra (SPT), además se hace énfasis en su respectivo análisis semestral o anual tanta en mediciones con el Telurómetro como en la observación, en cualquier estación de telecomunicaciones, con la finalidad de mantenerlo en excelentes condiciones.</p> <p>En el capítulo uno se describe la problemática de la estación, mediante el método hipotético-deductivo se la estudió. En el siguiente capítulo se describe la teoría que se debe aplicar para poder dar solución a la problemática de este tema de investigación, con respectivos métodos de medición. En el tercer capítulo se detalla equipos sensibles a las tormentas eléctrica con sus configuraciones E&M. El capítulo cuatro se centra en los resultados de las mediciones y las respectivas soluciones que se deberían poner en práctica. Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-80134509	E-mail: lojanitoerqcmh@hotmail.com edgarquezada70@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Romero Paz Manuel de Jesús		
	Teléfono: +593-994606932		
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			