



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE**

CARRERA INGENIERIA ELECTRICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TITULO:

“ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN
DE PUESTA A TIERRA EN LAS TORRES DE TELECOMUNICACIONES
INSTALADA POR LA EMPRESA SISTELVYCOM CÍA. LTDA.”

AUTORES:

INTRIAGO MIRANDA JOSÉ LUIS
ZAMBRANO MENDOZA HITTER VALENTE

TUTOR:

ING. JORGE W. ANDRADE ANDRADE

CHONE-MANABÍ-ECUADOR

2017

Ing. Jorge Andrade Andrade, Docente de la Universidad de Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión Chone, en calidad de tutor del trabajo de titulación.

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PUESTA A TIERRA EN LAS TORRES DE TELECOMUNICACIONES INSTALADA POR LA EMPRESA SISTELVYCOM CÍA. LTDA”**, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo y se encuentra listo para presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos plasmados en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: **Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente**, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Marzo del 2017

Ing. Jorge W. Andrade Andrade.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente**, declaramos ser autores (as) del presente trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PUESTA A TIERRA EN LAS TORRES DE TELECOMUNICACIONES INSTALADA POR LA EMPRESA SISTELVYCOM CÍA. LTDA”**, siendo el Ing. Jorge W. Andrade Andrade, tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y a sus representante legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente cedo los derechos de este trabajo a la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo financiero, académico o institucional de la universidad.

Chone, Marzo del 2017

Intriago Miranda José Luis

AUTOR

Zambrano Mendoza Hitter Valente

AUTOR



***UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE***

FACULTAD DE INGENIERA ELECTRICA

INGENIEROS ELECTRICOS

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: **“ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PUESTA A TIERRA EN LAS TORRES DE TELECOMUNICACIONES INSTALADA POR LA EMPRESA SISTELVYCOM CÍA. LTDA”**, elaborada por los egresados: **Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente**, de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

Chone, Marzo del 2017

Ing. Odilón Schnabel Delgado

DECANO

Ing. Jorge Andrade Andrade

TUTOR

MIEMBRO DE TRIBUNAL

MIEMBRO DE TRIBUNAL

SECRETARIA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación, principalmente a Dios, por haberme dado la vida y el haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, esposa, hijos, hermanos por ser el pilar fundamental por demostrarme su amor y apoyo incondicional, por compartir momentos significativos conmigo, por estar siempre dispuestos a escucharme y darme su apoyo en cualquier momento, a mis amigos y compañeros y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

José Luis Intriago M.

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación, en primer lugar se la dedico a Dios creador de todas las cosas, que me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer, por ser mi guía espiritual.

De igual manera dedico este trabajo a mi esposa e hijos, por brindarme su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos, con toda mi dedicación y cariño a mis padres, por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera y por creer en mi capacidad de ser un profesional, por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías, tristezas y a todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Zambrano Mendoza Hitter V.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de titulación en modalidad de proyecto de investigación es el resultado del esfuerzo en conjunto realizado por los autores.

Por esto agradecemos a nuestro tutor de tesis, el Ing. Jorge Andrade Andrade, por todo el apoyo, paciencia y aconsejarnos en este largo caminar que no ha sido tan fácil pero a la vez satisfactorio.

A nuestros compañeros de clases, quienes a lo largo de todo este tiempo han puesto a prueba sus capacidades y conocimientos para llegar hasta aquí con éxito, y cumpliendo nuestras expectativas.

A nuestros padres, esposos (as), hijos (as) y hermanos quienes a lo largo de toda nuestras vidas han apoyado y motivado nuestra formación académica, creyeron en nosotros en todos los momentos y no dudaron de nuestras habilidades.

A nuestros profesores a quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa institución la cual abrió sus puertas, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Gracias.

Hitter Valente y José Luis

SÍNTESIS

El mundo tiene una fuerte dependencia de la energía eléctrica y de las telecomunicaciones. No es imaginable lo que sucedería si esta materia prima esencial para mover el desarrollo de los países llegase a faltar.

Este es el caso se encontró en la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., mediante un trabajo documental e investigativo en el que se aplicó, encuestas a los clientes de la mencionada empresa y ficha de observación realizada por los investigadores, donde se realizan las labores diarias y se observó que el sistemas de protección de puesta tierra instalados por la de la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., funciona de forma regular, ya que como se sabe es de suma importancia que los sistemas eléctricos posean un sistema de protección que cumpla con las expectativas para garantizar la operatividad del servicio y para salvaguardar los equipos eléctricos y electrónicos realizando una investigación minuciosa en busca de recursos que logren obtener el análisis de las fallas del sistema de protección de puesta a tierra y amparados en los conocimientos adquiridos durante nuestra carrera existe la necesidad realizar un análisis del funcionamiento del sistema de Protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones instalada por la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Una vez diagnosticado el problema sobre las fallas del sistema de protección de puesta a Tierra, los involucrados quedaron contentos por dicho trabajo realizado, en el ámbito del estado del sistema de protección de puesta a tierra, lo cual permitirá concluir y recomendar acciones para el mejorar el funcionamiento de las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la Empresa Sistelvycom. Cía. Ltda.

La presente investigación se hizo posible gracias a la colaboración del gerente y a la predisposición de los empleados que realizan sus actividades laborales en la empresa Sistelvycom Cía. Ltda. Cabe resaltar que los recursos financieros fueron solventados por los autores de esta investigación.

PALABRAS CLAVES

Diagnóstico; Sistema de Protección de Puesta a Tierra, Empresa Sistelvycom Cía. Ltda.; Documental; Información; Recursos.

ABSTRACT

The world has a strong dependence on electric power and telecommunications. It is not imaginable what would happen if this essential raw material to move the development of the countries was missing.

This is the case was found in the company Sistelvycom Cía. Ltda., Through a documentary and investigative work in which it was applied, surveys to the clients of the aforementioned company and fact sheet made by the investigators, where the daily tasks are carried out and it was observed that the installed earth protection systems By the company Sistelvycom Cía. Ltda., Operates on a regular basis, as it is known that it is of the utmost importance that electrical systems have a protection system that meets expectations to guarantee the operation of the service and to safeguard electrical and electronic equipment by carrying out a thorough investigation in Search for resources that can obtain the analysis of the failures of the system of protection of ground and protected by the knowledge acquired during our career there is the need to perform an analysis of the operation of the system of Protection of ground in the towers of telecommunications installed By the Company Sistelvycom Cía. Ltda.

Once diagnosed the problem about the failures of the system of protection of ground, those involved were happy for the work done, in the field of the state of the system of protection of ground, which will allow to conclude and recommend actions to improve The operation of the Telecommunications Towers installed by the Sistelvycom Company. Inc. Ltda.

This research was made possible thanks to the collaboration of the manager and the predisposition of the employees who carry out their work activities in the company Sistelvycom Cía. Ltda. It should be noted that the financial resources were solved by the authors of this research.

KEYWORDS

Diagnosis; Grounding Protection System, Company Sistelvycom Cía. Ltda. Documentary film; Information; Means.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTORIA	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
SÍNTESIS	VIII
PALABRAS CLAVES.....	VIII
ABSTRACT	IX
KEYWORDS.....	IX
TABLA DE CONTENIDOS	X
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE GRAFICOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE.	
1.1. Generalidades	12
1.2 Redes eléctricas	12
1.3 Elementos de una red de distribución.....	12
1.4 Subestación.....	12
1.5 Redes de Potencia principales.	13

1.6 Sistema no puesto a tierra o levantado de tierra	13
1.7 Sistemas puestos a tierra.....	15
1.7.1 Sistema puesto a tierra mediante impedancia.....	15
1.7.2 Sistema puesto a tierra con baja impedancia. (Sólidamente puesto a tierra	16
1.7.3 Puesta a tierra de sistemas de bajo voltaje y en el interior de locales.	16
1.8 Tipos de Sistemas.	16
1.9 Funciones y Objetivos Básicos de una Instalación de Puesta a Tierra.....	19
1.10 Reseña de Fundamentos Científicos y Factores esenciales en el Análisis de los electrodos de puesta a Tierra.	19
1.11 Requerimientos del sistema de puesta a tierra.....	20
1.12 Conductores de conexión y conductores de protección.....	20
1.13 Electrodo de tierra.....	21
1.13.1 Barras.....	21
1.13.2 Placas.....	22
1.13.3 Electrodo horizontal.....	22
1.13.4 Electrodo secundario	23
1.14 Métodos de Instalación.....	23
1.14.1 Barras.....	24
1.14.2 Planchas.....	24
1.14.3 Electrodo horizontal.....	25
1.14.4 Relleno.....	25
1.14.5 Conexiones	25
1.15 Capacidad de transporte de corriente de falla.....	27

1.16 Sitios De Telecomunicaciones.....	28
1.16.1 Subsistema exterior e interior de tierra	29
1.16.2 Barra externa de tierra	29
1.16.3 Barra principal de tierra	30
1.16.4 Sistema de puesta a tierra de un sitio de comunicaciones	31
1.16.5 Radiales	33
1.16.6 Medición de la resistencia en instalaciones celulares y torres de radio y microonda	34
1.16.7 Diseño de una malla de puesta a tierra	35
 CAPÍTULO 2. REFERIDO AL DIAGNÓSTICO O A MATERIALES Y MÉTODOS....	
2.1. Diseño Metodológico.	37
2.1.1. Tipo de Investigación	37
2.1.2. Población y Muestra	38
2.2. Descripción del proceso de recolección de información	38
2.3. Procesamiento de la información	38
2.4 Resultados de la investigación de campo con su respectivo análisis	39
 CAPITULO 3. EVALUACION	
3.1. Introducción.....	58
3.2 Área utilizada en cuarto de transformadores	58
3.3 Transformadores de Distribución	61
3.4 Vista Superior del Área total Inspeccionada.	61
3.5 Características, placas, conexiones de los Transformadores.....	61

3.6 Tablero de distribución Principal	62
3.7 Puesta a Tierra y Neutros del Tablero Principal.....	63
3.8 Banco de Condensadores.....	63
3.9 Estado actual del banco de condensadores	64
3.10 Mediciones elaboradas con la cámara termo grafica	65
3.11 Temperatura tomada en transformadores y tableros de Empresa Sistelvycom. Cía. Ltda.	65
3.12 Puesta a Tierra del lado de media tensión	66
3.13 Equipos y normas de seguridad	66
3.14 Problemáticas generales	69
3.15 Galerías de cables	71
3.16 Salas de Baterías.....	72
3.17 Salas de Fuerza	72
3.18 Consideraciones para una propuesta.....	72
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	77

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Resultado de la pregunta encuesta #1.....	39
Tabla 2 Resultado de la pregunta encuesta #2.....	40
Tabla 3 Resultado de la pregunta encuesta #3.....	41
Tabla 4 Resultado de la pregunta encuesta #4.....	42
Tabla 5 Resultado de la pregunta encuesta #5.....	43
Tabla 6 Resultado de la pregunta encuesta #6.....	44

Tabla 7 Resultado de la pregunta encuesta #7.....	45
Tabla 8 Resultado de la pregunta encuesta #8.....	46
Tabla 9 Resultado de la pregunta encuesta #9.....	47
Tabla 10 Resultado de la pregunta encuesta #10.....	48
Tabla 11 Resultado de la pregunta entrevista #1.....	49
Tabla 12 Resultado de la pregunta entrevista #2.....	50
Tabla 13 Resultado de la pregunta entrevista #3.....	51
Tabla 14 Resultado de la pregunta entrevista #4.....	52
Tabla 15 Resultado de la pregunta entrevista #5.....	53
Tabla 16 Resultado de la pregunta entrevista #6.....	54
Tabla 17 Resultado de la pregunta entrevista #7.....	55
Tabla 18 Resultado de la pregunta entrevista #8.....	56

INDICE DE GRAFICOS

Grafico Resultado de la pregunta encuesta #1.....	39
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #2.....	40
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #3.....	41
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #4.....	42
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #5.....	43
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #6.....	44
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #7.....	45
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #8.....	46
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #9.....	47
Grafico Resultado de la pregunta encuesta #10.....	48
Grafico Resultado de la pregunta entrevista #1.....	49
Tabla 13 Resultado de la pregunta entrevista #2.....	50
Grafico Resultado de la pregunta entrevista #3.....	51
Grafico Resultado de la pregunta entrevista #4.....	52
Grafico Resultado de la pregunta entrevista #5.....	53
Grafico Resultado de la pregunta entrevista #6.....	54
Grafico Resultado de la pregunta entrevista #7.....	55
Grafico Resultado de la pregunta entrevista #8.....	56

INDICE DE FIGURA

Figura 1 Corrientes capacitivas de un sistema trifásico.....	13
Figura 2 Sistemas TN-C-S.....	17
Figura 3 Sistema TN-C-S.....	17
Figura 4 Sistema PNB.....	18
Figura 5 Sistema TT.....	18
Figura 6 Sistema IT.....	19
Figura 7 Placa de Tierra.....	22
Figura 8 Capacidad de transporte de corriente de falla.....	27
Figura 9 Anillo de tierra interior y exterior	29
Figura 10 Anillo de tierra interior y exterior	30
Figura 11 Barra Principal de Tierra.....	30
Figura 12 Sistema de Puesta a Tierra de un sitio de Telecomunicaciones... ..	31
Figura 13 Radiales.....	33
Figura 14 Anillo interior de tierra o halo	34
Figura 15 Instalación celular.....	35
Figura 16 Medición en instalación celular en torre de telecomunicación....	35
Figura 17 Plano vista superior cuarto de transformadores.....	58
Figura 18 Plano vista superior cuarto de transformadores.....	59
Figura 19 Puesta a Tierra y neutros del tablero principal.....	61
Figura 20 Neutros y Tierra del tablero de distribución principal.....	58
Figura 21 Tablero de condensadores deshabilitado.....	63
Figura 22 Toma termo graficas del banco de transformadores.....	64
Figura 23 Análisis termo gráfico en los transformadores.....	65
Figura 24 Resultados obtenidos en el análisis termo gráficos por fase en la salida breaker principal.....	66
Figura 25 Lugar de ubicación de la varilla a tierra.....	67
Figura 26 Actual sistema de puesta a Tierra.....	68
Figura 27 Método para toma de datos.....	69
Figura 28 Lecturas de resistencias a Tierras.....	69

Figura 29 Barra de Tierra Principal.....	70
Figura 30 Barra de Tierra Secundaria.....	70
Figura 31 Barra de Tierra Secundaria.....	71
Figura 32 Barra de Tierra Principal de la Empresa.....	71
Figura 33 Barra de tierra detrás de la subestación en sala.....	72

INTRODUCCIÓN

El mundo tiene una fuerte dependencia de la energía eléctrica y telecomunicaciones. No es imaginable lo que sucedería si esta materia prima esencial para mover el desarrollo de los países llegase a faltar. Está fuera de cualquier discusión la enorme importancia que el suministro de electricidad tiene para el hombre hoy, que hace confortable la vida cotidiana en los hogares, que mueve efectivamente el comercio y que hace posible el funcionamiento de la industria de la producción. El desarrollo de un país depende de su grado de industrialización y este a su vez necesita de las fuentes de energía, especialmente de la energía eléctrica.

En términos generales, se puede definir la energía como la capacidad de llevar a cabo cierto trabajo. Como se estudió en la primera parte de este libro, todos los seres vivos, necesitan energía para el mantenimiento, crecimiento y reproducción de su cuerpo, pero, además, prácticamente, todas las actividades del hombre dependen de la energía. Por ejemplo, en la vida diaria de una casa se necesita la energía en las siguientes actividades: refrigeración, cocimiento de los alimentos, calentamiento del agua, uso de diversos implementos electrodomésticos (aspiradoras, licuadora, tostador, secadora de cabello, horno de microondas, lavadora de ropa, secadora de ropa, lavadora de platos, proceso, radios, televisores, ordenadores, iluminación, aire acondicionado y calefacción, etc.). Por otra parte, cuando el hombre camina o hace uso de algún medio de transporte, también gasta energía. Y, en igual forma, las actividades industriales, agrícolas, comerciales, de investigación, recreación y muchos otros tipos de servicios dependen también de la energía para su normal desarrollo. Por tal motivo, se considera a la energía en sus diferentes formas como un recurso natural de fundamental importancia en la vida del hombre. (Fournier, 1983)

Es bien sabido que la mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrizados y que esta práctica probablemente se inició en los primeros días de los experimentos eléctricos. Entonces, como ahora, la estática se descargaba por conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra. La práctica ha continuado y se ha desarrollado progresivamente, de modo que tales conexiones a tierra se encuentran en casi todos los puntos en el sistema eléctrico. Esto incluye la estación generadora, las líneas y los cables que distribuyen la energía eléctrica y los locales en los cuales se utiliza.

La energía como capacidad o potencialidad para crear trabajo es la actualidad uno de los temas más acuciantes y prioritarios que tienen planteados la humanidad. En las últimas décadas hemos asistido a un fuerte desarrollo industrial que ha sido posible en gran medida gracias a disponer de energía abundante y relativamente barata. Esta situación cambió sustancialmente en el año 1973 cuando los países productores de petróleo subieron drásticamente los precios de los crudos, estallando así también la llamada crisis energética como primera manifestación de cambio profundo de condicionamientos que han regido el desarrollo económico de los países avanzados desde hace muchos años. (Herranz, 1980).

Un sistema eléctrico de potencia tiene como finalidad la producción de energía eléctrica en los centros de generación (centrales térmicas e hidráulicas) y transportarla hasta los centros de consumo (ciudades, poblados, centros industriales, turísticos, etc). Para ello, es necesario disponer de la capacidad de generación suficiente y entregarla con eficiencia y de una manera segura al consumidor final. El logro de este objetivo requiere la realización de grandes inversiones de capital, de complicados estudios y diseños, de la aplicación de normas nacionales e internacionales muy concretas, de un riguroso planeamiento, del empleo de una amplia variedad de conceptos de Ingeniería Eléctrica y de tecnología de punta, de la investigación sobre materiales más económicos y eficientes, de un buen procedimiento de construcción e interventora y por último de la operación adecuada con mantenimiento riguroso que garantice el suministro del servicio de energía con muy buena calidad.

Un sistema eléctrico está estructurado de componentes, máquinas y sistemas necesarios para garantizar un suministro de energía eléctrica, en un área concreta, con seguridad y calidad, dependiendo de la energía que se quiera transformar en electricidad, será necesario aplicar una determinada acción. (Mujal, 2003)

La energía eléctrica permite el funcionamiento de un sinnúmero de artefactos, por lo que el hombre moderno depende particularmente de este importante recurso. No obstante, existen algunos puntos a tener en cuenta y recomendaciones a considerar, para racionalizar su uso.

El alto consumo de energía eléctrica y la dependencia hacia la misma, genera más exigencias de parte de los consumidores, quienes exigen que el servicio eléctrico preste un servicio de óptima calidad que garantice la seguridad de las personas y confiabilidad en el funcionamiento de los equipos. Es importante asesorarse con técnicos y especialistas en el

caso de los artículos eléctricos, a fin de proteger el ambiente, evitando el mal uso de aquella energía tan útil para los seres vivos.

La energía eléctrica es una de las formas en que se nos manifiesta la energía natural. Por su maravillosa propiedad de dejarse transformar con facilidad y altos rendimiento en todas las demás formas de energía, por prestarse a su transporte a grandes distancias con medios simples y relativamente económicos y por permitir regularse y dividirse al infinito, la energía eléctrica desempeña en la industria generalmente el papel de intermediario de primordial importancia. Sin embargo, ella tiene un gran inconveniente: no puede ser almacenada. La energía eléctrica aparece en el instante en que se produce y se desaparece en cuanto cesa el funcionamiento del generador. Por lo tanto la energía eléctrica producida en cada instante debe ser inmediata y totalmente consumida. Esta característica haría la energía eléctrica difícilmente utilizable si o se poseyera la preciosa cualidad de transmitirse casi instantáneamente del generador a los receptores a lo largo de los conductores de unión de uno con otros. (Cortes, 1994)

La electricidad es la forma de energía más utilizada hoy en día en la industria y en los hogares. La electricidad es una forma de energía relativamente fácil de producir en grandes cantidades, de transportar a largas distancias, de transformar en otros tipos de energía y de consumir de forma aceptablemente limpia. Está presente en todos los procesos industriales y en prácticamente todas las actividades humanas por lo que se puede considerar hoy en día como un bien básico insustituible. Para que la electricidad pueda ser utilizada es necesario, como en cualquier otra actividad industrial, un sistema físico que permita y sustente todo el proceso desde su generación hasta su utilización y consumo final. Este sistema es el sistema eléctrico.

(River, 2000). La continuidad del suministro eléctrico hace referencia a la existencia o no de tensión en el punto de conexión. Hasta hace muy poco, era el único aspecto de la calidad del servicio considerado importante. Cuando falla la continuidad del servicio, es decir cuando la tensión de suministro desaparece en el punto de conexión, se dice que hay una interrupción en el suministro. La definición exacta según la Norma UNE-EN 50160 [UNE-EN 50160], es que existe interrupción del suministro cuando la tensión este por debajo de 1% de la tensión nominal en cualquiera de las fases de alimentación.

Por lo tanto cada interrupción del suministro viene caracterizada por su duración. En continuidad, únicamente se tiene en cuenta las interrupciones largas, es decir más de tres

minutos. Las interrupciones breves, o menores de 3 minutos, se consideran un problema de calidad de onda, ya son debidas a la operación de los sistemas de protección de las redes. Las interrupciones largas de suministro e cambio suelen necesitar de la reparación de algún elemento defectuoso de la red o, al menos, la inspección de los tramos con problemas, así como la reposición manual de la tensión. (River, 2000).

Los apagones se generan por lo general por daños en la infraestructura, caída de cadenas de aisladores, choque de carros contra poste etc. Cuando ocurren estos apagones muchos tenemos los televisores encendidos, computadores o aparatos electrodomésticos, por lo que tienden a quemarse, así también se ve afectado el suministro de agua potable, ya que la energía eléctrica es necesaria para la operación del sistema de acueducto, situación que provoca malestar en los usuarios, por lo que la energía eléctrica no es un lujo, sino una necesidad básica que el Estado tiene que garantizar.

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos.

Las interrupciones eléctricas no afectan solo la comodidad, sino también la preservación de alimentos y de los electrodomésticos conseguidos con esfuerzo, por lo que las fallas no pueden ser tratadas como actos inevitables, sino como fallas que tienen que ser subsanadas entre el Estado y las compañías de quienes depende los distintos aspectos del suministro de energía, con el aporte de investigaciones para contribuir al desarrollo del país.

(Equinoccio, 2008) El servicio eléctrico es de una importancia vital para la comunidad, y suele ser a su vez infraestructura de otros servicios. El costo de las interrupciones eléctricas se traduce no solo en cuantiosas pérdidas económicas, como en el caso de plantas industriales y edificaciones comerciales, sino que pueden ser también un costo social difícil de cuantificar, pero no menos importante. En otros casos, puede haber peligro a la vida y a la propiedad de las personas.

El uso de la electricidad en la vida moderna es imprescindible. Difícilmente una sociedad puede sobrevivir sin el uso de la electricidad. Los artefactos eléctricos que nos proporcionan facilidad y comodidad en el hogar, ahorro de tiempo y minimización en la cantidad de tareas. Existen otros artefactos que nos proporcionan entretenimiento, y que a la vez también son fuentes de información como los videos juegos, computadoras, etc. Su

importancia no radica sólo en que ilumina, calienta, refresca los hogares, facilita la vida y, con los avances científicos en las comunicaciones, ilustra y educa a la población sino que, al aplicar la fuerza eléctrica a los procesos de la producción, los hombres pudieron progresar en la fabricación de mercancías en serie. Usarla en la metalurgia, aplicarla a los transportes, desarrollarla en las telecomunicaciones, aprovecharla en los electrodomésticos, servirse de ella en la robótica y, en general, utilizarla para el progreso del hombre y para consolidar los cambios sociales se dieron con la segunda revolución industrial y los que se están dando con la informática. Nos hemos acostumbrado tanto al uso de la energía eléctrica, que ya pasa desapercibida su absoluta necesidad en nuestras actividades diarias. Solo la falta de ella, nos devuelve a la realidad. (Harper, 2002)

Las condiciones de operación anormales contra las que se deben proteger los sistemas eléctricos son el cortocircuito y las sobrecargas. El cortocircuito puede tener su origen en distintas formas, por ejemplo fallas de aislamiento, fallas mecánicas en el equipo, fallas en el equipo por sobrecargas excesivas y repetitivas, etc. (Harper, 2002)

(Harper, 2002) Las sobrecargas se pueden presentar también por causas muy simples, como pueden ser instaladas inapropiadas, operación incorrecta del equipo, por ejemplo, arranques frecuentes de motores, ventilación deficiente, periodos largos de arranque de motores.

Los usuarios de la energía eléctrica son los que generalmente detectan los posibles problemas de calidad de ésta; dichos problemas están relacionados principalmente con variaciones de voltaje, efectos transitorios de voltaje, presencia de armónicas, conexiones a tierra, etc. Que afectan a los equipos sensibles, como son los que emplean dispositivos de estado sólido, componentes para electrónica de potencia, equipos de procesamiento, equipos de comunicaciones y equipos de control general. (Enríquez 1999).

Por su valor estratégico, diferentes países y sistemas sociales han desarrollado la producción de energía eléctrica y sus múltiples aplicaciones. No puede un país tener riqueza social sin la producción y uso, para el bienestar de su población, de la energía eléctrica. Por eso, en el mundo entero, se promueven estudios que optimicen el uso de la energía eléctrica y su ahorro, ya que, uno de los problemas de la energía eléctrica es que, una vez producida, no se puede guardar, almacenar y, además, al transportarse, se pierde una cantidad significativa de ella.

La energía eléctrica es de fundamental importancia para el desarrollo de las sociedades modernas. Puede ser convertida para generar luz, fuerza para mover los motores y hacer funcionar diversos productos eléctricos y electrónicos que poseemos en los hogares (ordenadores, electrodomésticos, ducha).

Los usuarios consumidores directos de la energía pueden disminuir el consumo energético para reducir costos y promover la sostenibilidad económica, política y ambiental. El consumo de la energía está directamente relacionado con la situación económica y los ciclos económicos. Una buena calidad de potencia no es fácil de obtener ni de definir, pues que su medida depende de las necesidades del equipo que se está alimentando; una calidad de potencia que es buena para el motor de un refrigerador, puede no ser suficientemente buena para un computador personal. Por ejemplo, una salida o corte momentáneo no causa un importante efecto en motores y cargas de alumbrado, pero sí puede causar mayores molestias a los relojes digitales o computadoras. (Ramírez, 2004).

La puesta a tierra de instalaciones eléctricas está relacionada en primer lugar con la seguridad. El sistema de puesta a tierra se diseña normalmente para cumplir dos funciones de seguridad. La primera es establecer conexiones equipotenciales. Toda estructura metálica conductiva expuesta que puede ser tocada por una persona, se conecta a través de conductores de conexión eléctrica. La mayoría de los equipos eléctricos se aloja en el interior de cubiertas metálicas y si un conductor energizado llega a entrar en contacto con éstas, la cubierta también quedará temporalmente energizada. La conexión eléctrica es para asegurar que, si tal falla ocurriese, entonces el potencial sobre todas las estructuras metálicas conductivas expuestas sea virtualmente el mismo. En otras palabras, la conexión eléctrica iguala el potencial en el interior del local, de modo que las diferencias de potencial resultantes son mínimas. De este modo, se crea una plataforma equipotencial.

(Balcells, Autonell, Barra, Brossa, Fornieles, García, Ros, Sierra 2011), refieren que la “Agencia Internacional de Energía (AIE), advierte de que si no se cambian las políticas energéticas de los países consumidores las necesidades eléctricas crecerán a un ritmo de un 1,5% anual entre 2007 y 2030.”, de ahí se deduce que cualquier acción por mejorar la Eficiencia de la Energía Eléctrica, tendrá repercusiones importantes dentro de cada uno de los sectores involucrados.

Las pérdidas económicas a nivel mundial, referidas al empeoramiento de la calidad de la energía eléctrica suman millones de dólares anuales, por otro lado es importante resaltar el impacto de la mala calidad de la energía en las instalaciones eléctricas.

Si una persona está en contacto simultáneamente con dos piezas diferentes de una estructura metálica expuesta, el conductor de conexión eléctrica debiera garantizar que la persona no reciba un choque eléctrico, haciendo que la diferencia de potencial entre los equipos sea insuficiente para que esto ocurra. El mismo principio se aplica en el interior de grandes subestaciones eléctricas, industrias y casas. En industrias, la conexión eléctrica de estructuras metálicas expuestas garantizará normalmente que una falla eléctrica a la carcasa de la máquina no generará una diferencia de potencial entre ella y la estructura metálica puesta a tierra en una máquina adyacente. En la casa, la conexión eléctrica garantiza que si ocurriese una falla a la cubierta metálica de una máquina lavadora u otro electrodoméstico, cualquier persona que estuviese tocando en el momento de falla simultáneamente uno de estos equipos y el estanque metálico, no experimentaría un choque eléctrico.

Los empleados de la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., han necesitado siempre que se realice una evaluación de la calidad del servicio, para obtener criterios profesionales sobre la importancia de la puesta a tierra de los sistemas eléctricos para mejorar el funcionamiento de las Torres de Telecomunicaciones para brindar un servicio de óptima calidad. Mediante el análisis se ha podido constatar que el sistema de protección de puesta a tierra funciona de manera normal, pero en ocasiones se han presentado fallas que causa malestar a los empleados y clientes de la empresa.

Frente a esta problemática hemos creído conveniente realizar un análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra para aportar recomendaciones que permitan mejorar la operatividad de las Torres de Telecomunicaciones, y de esta forma ayudar a que las actividades labores realizadas en esta reconocida empresa mejoren.

(Basantes 2008). Para el desarrollo de proyectos eléctricos se debe tener un conocimiento por parte del Ingeniero proyectista, como son normas, precios referenciales y lista de materiales con el objetivo de tener un diseño favorable para su construcción.

(Basantes 2008). Todos los usuarios por derecho y necesidad deben ser suministrados por energía eléctrica por lejana o cercana que la carga se encuentre ubicada. Este servicio

brindado debe ser de buena calidad. En la actualidad algunos de los sectores carecen de servicio eléctrico, o cuentan con un servicio eléctrico de pésima calidad, lo que incide en que se maximicen los peligros lo cual podrían afectar la integridad de las personas.

La importancia que tiene el análisis del funcionamiento del sistema de Protección de Puesta a tierra instaladas por la empresa Sistelvycom Cía Ltda., es para contribuir al crecimiento y desarrollo del propietario y empleados de la empresa, dando solución a los problemas que se presentan a diario, a través de recomendaciones que permitan mejorar la operatividad de las Torres de Telecomunicaciones.

El propósito de este trabajo de investigación, es realizar el correcto análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra instalados por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., para poder proponer medidas correctivas que mejoren la calidad del servicio y por ende el desarrollo de las actividades que se realizan en la empresa Compañía. Con lo expuesto anteriormente en la investigación realizada se encontró:

Problema de Investigación

Se desconoce la incidencia de las fallas de los sistemas de puesta a tierra en la operatividad de las torres de telecomunicaciones instalada por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Objeto de investigación o de estudio.

Torres de telecomunicaciones.

Campo de acción.

Sistemas de puesta a tierra de torres de telecomunicaciones.

Hipótesis de Investigación

Con el Análisis de las fallas del Sistema de Protección de Puesta a Tierra mejora el funcionamiento de las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Objetivo General.

Analizar el funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones instalada por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Tareas de Investigación

- Realizar un análisis del estado del arte referente a los Sistemas de Protección de Puesta a Tierra en Torres de Telecomunicaciones.
- Definir los fundamentos teóricos para el Análisis Técnico del funcionamiento en el Sistema de Protección de Puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.
- Verificar el estado actual del funcionamiento del Sistema de Protección de Puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación.

Este trabajo de investigación utilizó métodos, técnicas e instrumentos que permitieron alcanzar el objetivo propuesto.

Métodos teóricos: Los métodos teóricos que se emplearon en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Análisis – Síntesis: Permitió adquirir información relacionada con el problema que se investigó lo cual permitió realizar el análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., contribuyendo a que las actividades laborales mejoren.

Inducción – Deducción: Permitió realizar el análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a Tierra, información que permitió concluir y recomendar acciones para mejorar la calidad del operatividad de las Torres de Telecomunicaciones, lo cual trajo beneficios en las actividades laborales que se realizan en la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Bibliográfico: Mediante este tipo de metodología se obtuvo material que permitió disponer de información con relación a las variables del tema. La obtención de la información se realizó a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado relacionadas con la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, revistas o artículos científicos.

Métodos Empíricos: Los métodos empíricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Encuesta: Se realizó encuesta a los clientes de la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., la misma que estuvo estructurada con 10 preguntas acerca del servicio de sistema de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicaciones.

Ficha de Observación: Se aplicó una ficha de observación, compuesta de 8 ítems acerca del sistema de protección de puesta a Tierra.

Tabulación de datos: Se hizo necesario la tabulación de datos de la información recolectada sobre sistema de protección de puesta a Tierra de la Empresa instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Población y Muestra

La población se constituyó por: 20 clientes de la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., con un total de 20 participantes.

Muestra Se aplicó a la totalidad de la población por tratarse de un número reducido de participantes. Este trabajo de investigación se encuentra comprendido por varios capítulos que se puntualizan detalladamente a continuación:

Capítulo I: Se ejecutó el estado del arte: Servicio eléctrico y sistema de protección de Puesta a Tierra.

Capítulo II: Se realizó el análisis de materiales y técnicas, para recolectar información del lugar donde se desarrolla las actividades laborales de los empleados, donde se pudo detectar los problemas respecto al sistema de Protección de puesta a tierra, en base a los aportes del entorno investigativo.

Capítulo III: Se realizó el análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a Tierra instalado por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., la cual permitió concluir la investigación.

CAPÍTULO I
ESTADO DEL ARTE

CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

1.1. Generalidades

Actualmente, la industria de la energía es uno de los pilares fundamentales sobre los que se basa la economía de todo el país por lo cual el funcionamiento de este sector afecta directamente el crecimiento de un país. (Plaza, Valdes, 2005)

1.2 Redes Eléctricas.

El conjunto de líneas, centros de interconexión eléctrica y distintos equipos, que mantienen conectados entre sí a los centros de producción y de consumo de electricidad de nuestro sistema eléctrico.

“El mundo tiene una fuerte dependencia de la energía eléctrica. No es imaginable lo que sucedería si esta materia prima esencial para mover el desarrollo de los países llegase a faltar. Está fuera de cualquier discusión la enorme importancia que tiene el suministro de electricidad para el hombre de hoy, que hace comfortable la vida cotidiana en los hogares, que mueve efectivamente el comercio y que hace posible el funcionamiento de la industria de la producción. El desarrollo de un país depende de su grado de industrialización y este a su vez necesita de las fuentes de energía, especialmente de la energía eléctrica.” (Ramírez, 2004).

1.3 Elementos de una red de distribución

La cadena de suministro de una red de distribución enlaza muchos elementos, todos han de ser considerados al momento de diseñar una red de distribución.

La red de distribución es una de las partes más importantes en un sistema de recepción y distribución de señales de radiodifusión, ya que de ella depende que llegue la señal en óptimas condiciones al receptor para, finalmente, poder ver imágenes y escuchar sonidos en el aparato de TV.

1.4 Subestación

Una subestación eléctrica es una instalación o conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia. La subestación es la encargada de modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica.

El espacio a reservar para su instalación será de forma preferente cuadrada, cuyo lado se obtendrá en la tabla que se incluye a continuación, en función de la tensión primaria y de la potencia final. (Sanz y Toledano, 2007)

1.5 Redes de potencia principales

Se considerará la puesta a tierra de redes de potencia en primer lugar, ya que el método de puesta a tierra de estas redes influencia fuertemente el método subsiguiente escogido en el interior de construcciones. En teoría, la red principal de potencia no tiene que ser aterrizada (puesta a tierra) y algunas veces se argumenta que una red no aterrizada puede ser más confiable. En algunos casos esto puede ser verdad, pero en general, las redes no aterrizadas no son confiables debido al sobre-solicitación de la aislación que rodea cables o líneas. Esta solicitación puede surgir debido a estática, inducción o fallas intermitentes.

Hay varias formas en las cuales puede operar el sistema de potencia: levantado de tierra, puesto a tierra con baja impedancia y puesto a tierra con alta impedancia. Estos son conceptos completamente diferentes y para aquellos que están familiarizados con los conductores de tierra relativamente grandes y bajos valores de resistencia a tierra en sistemas tradicionales, el empleo de pequeños conductores de tierra y altas impedancias en otros sistemas puede llegar a ser una sorpresa. (Sanz y Toledano, 2007)

1.6 Sistema no puesto a tierra o levantado de tierra

Este sistema no tiene una conexión a tierra formal, intencional o deliberada. Pueden existir algunas conexiones de alta impedancia para instrumentación, por ejemplo el enrollado de un instrumento de medida (transformador de potencial o de corriente). Bajo condiciones normales, la capacidad entre cada fase y tierra es sustancialmente la misma. El efecto es estabilizar el sistema respecto a la tierra de modo que en un sistema trifásico, el voltaje de cada fase a tierra es el voltaje estrella del sistema. El punto neutro, si existe, está en o cerca del potencial de tierra.

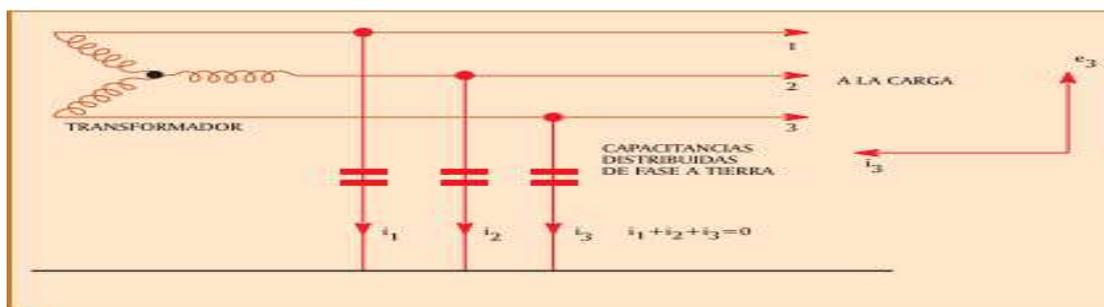


Figura 1: Corrientes capacitivas de un sistema trifásico

Las fallas en líneas de distribución aéreas no son infrecuentes, particularmente durante condiciones de mal tiempo, cuando pueden caer ramas de árboles sobre las líneas. Cuando ocurre el primer incidente, implicando un contacto entre un conductor y tierra, puede no haber daño porque no existe un circuito metálico cerrado que permita el flujo de corriente. Esto es diferente en un sistema aterrizado donde puede fluir una corriente significativamente alta. A primera vista, el sistema levantado de tierra aparenta ser un sistema más seguro y más confiable. En realidad fluye una corriente en un sistema levantado de tierra, que retorna vía los acoplamientos capacitivos de las otras dos fases. La corriente capacitiva que fluye en el punto de falla es 3 veces la corriente capacitiva normal a tierra de cada fase del sistema completo. El daño debido a la primera falla probablemente sea leve, ya que la corriente total es aun relativamente pequeña. Sin embargo, la corriente podría ser suficiente para provocar riesgo de electrocución si alguien tocara el conductor dañado. Las compañías eléctricas a menudo consideran que es lento y tedioso localizar fallas en este tipo de sistemas. (Jáuregui, 2014)

La probabilidad de una segunda falla es mayor de lo que generalmente se piensa, ya que el voltaje a través del resto de la aislación será el nivel fase-fase en vez del nivel fase-tierra. Este solicitará la aislación fase a tierra y puede provocar envejecimiento acelerado y ruptura. Es probable que una segunda falla involucre una considerable energía de falla y daño. Por esto es importante remover la primera falla tan rápido como sea posible.

El fenómeno de resonancia puede causar sobretensiones en este tipo de sistemas. El sistema ya tiene una alta capacitancia y si un conductor de fase se conecta a tierra a través de una conexión que tenga alta inductancia, (por ejemplo un transformador de medida) entonces puede ocurrir resonancia, circulación de altas corrientes y sobre voltajes. Una falla a través de un arco intermitente con alta impedancia puede causar altos voltajes similares al fenómeno anterior, conduciendo a la falla del equipo. Esto se debe a un efecto de cargas atrapadas en el neutro.

Con cada arco la carga se refuerza progresivamente y puede producir voltajes que pueden ser suficientemente altos como para sobrepasar la aislación por 6 ó 7 veces (en teoría) respecto de lo que ocurre a voltaje normal. Los voltajes realmente medidos en la práctica, debido a las condiciones ambientales, polvo, etc., han sido 3 a 4 veces el voltaje normal.

Si la continuidad de servicio es un factor importante para el sistema de distribución, entonces un sistema levantado de tierra puede tener algunas ventajas. Sin embargo, es probable que la aislación aplicada entre cada conductor de fase y tierra necesite

incrementarse al menos al mismo nivel que la aislación entre diferentes fases, para controlar el riesgo por fallas monofásicas a tierra y por carga atrapada.

1.7 Sistemas puestos a tierra

Un sistema puesto a tierra tiene al menos un conductor o punto (usualmente el neutro o punto común de la estrella) intencionalmente conectado a tierra. Por condiciones prácticas y de costo, esta conexión se realiza normalmente cerca de donde se unen los 3 enrollados individuales de un transformador trifásico, es decir el neutro o punto común de la estrella. Este método se adapta cuando hay necesidad de conectar al sistema cargas fase neutro, para prevenir que el voltaje neutro a tierra varíe con la carga. La conexión a tierra reduce las fluctuaciones de voltaje y los desequilibrios que podrían ocurrir de otra forma. Otra ventaja es que puede usarse relés residuales para detectar fallas antes que se conviertan en fallas fase-fase. Esto puede reducir el daño real causado y la sollicitación impuesta en otras partes de la red eléctrica. (Basantes, 2008)

El tipo de puesta a tierra se clasifica según el tipo de conexión instalada. Los principales tipos son:

1.7.1 Sistema puesto a tierra mediante impedancia

En este caso se insertan deliberadamente resistores y/o reactores en la conexión entre el punto neutro y tierra, normalmente para limitar la corriente de falla a un nivel aceptable. En teoría, la impedancia puede ser lo bastante alta como para que fluya una corriente de falla poco mayor que en la situación de sistema no puesto a tierra.

En la práctica, para evitar sobre voltajes transitorios excesivos debido a resonancia con la capacitancia paralelo del sistema, las puestas a tierra inductivas deben permitir que fluya a tierra por falla al menos un 60% de la capacidad de cortocircuito trifásico. Esta forma de puesta a tierra tiene menor disipación de energía que la puesta a tierra resistiva.

Pueden usarse como conexión a tierra enrollados de supresión de arco, también conocidos como bobinas de Peterson, o neutralizadores de falla a tierra. Estos son reactores sintonizados que neutralizan el acoplamiento capacitivo de las fases sanas y de este modo la corriente de falla es mínima. Debido a la naturaleza auto-compensada de este tipo de puesta a tierra, es efectiva en ciertas circunstancias en sistemas aéreos de media tensión, por ejemplo, aquellos que están expuestos a un alto número de fallas transitorias. El uso de interruptores con re cierre automático ha reducido el uso de este método de puesta a tierra en sistemas de alta y media tensión.

La puesta a tierra por resistencia es de uso más común, porque permite limitar la corriente de falla y amortiguar los sobre voltajes transitorios, eligiendo el valor correcto de resistencia. En principio se usó resistencias líquidas. Ahora es más común el uso de resistores del tipo cerámico. Estos requieren menos espacio, tienen costos de mantención significativamente menores y luego del paso de la corriente de falla se enfrían más rápidamente que las resistencias líquidas.

1.7.2 Sistema puesto a tierra con baja impedancia. (Sólidamente puesto a tierra)

Esta es la técnica más común, particularmente en bajo voltaje. Aquí el neutro se conecta a tierra a través de una conexión adecuada en la cual no se agrega intencionalmente ninguna impedancia. La desventaja de este arreglo es que las corrientes de falla a tierra son normalmente altas pero los voltajes del sistema permanecen controlados bajo condiciones de falla.

1.7.3 Puesta a tierra de sistemas de bajo voltaje y en el interior de locales.

Habiendo revisado los tipos de puesta a tierra existentes en Sistemas de Potencia, consideraremos ahora el sistema de bajo voltaje e instalación eléctrica en el interior de locales.

1.8 Tipos de sistemas

Existen ciertos métodos para efectuar una conexión a tierra, los cuales reciben definiciones estándares. Cada uno se identifica por un código que contiene las siguientes letras:

T: tierra, conexión directa a tierra.

N: neutro.

C: combinada.

S: separada.

A continuación se describen los tipos principales, incorporando las figuras y diagramas que permiten explicarlos en más detalle. Note que los electrodos de tierra en los diagramas incluyen el símbolo del resistor para mostrar que el electrodo tiene una impedancia, que es predominantemente resistiva.

TN-S.- En este tipo, el neutro de la fuente tiene un único punto de conexión a tierra en el transformador de alimentación. Los cables de alimentación tienen neutro separado del conductor de tierra de protección. Generalmente, el conductor de neutro es un cuarto “conductor” y el conductor de tierra forma una vaina o cubierta protectora (conductor PE).

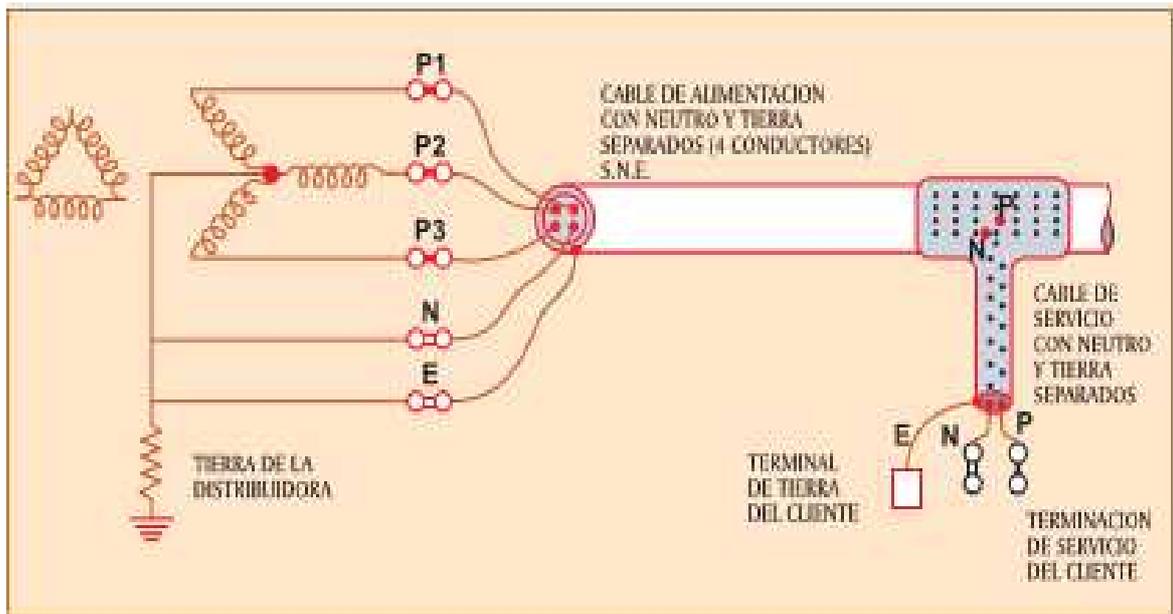


Figura 2: Sistemas TN-C-S

TN-C-S.- En este tipo, el neutro de la alimentación se pone a tierra en varios puntos. El cable de alimentación tiene una pantalla metálica externa que combina neutro y tierra, con una cubierta de PVC (se denominan cables CNE). La pantalla que combina neutro y tierra es el conductor tierra de protección neutro (conductor PEN). El fabricante proporciona un terminal de tierra, que está conectado al neutro de la alimentación. La alimentación en el interior de la instalación del cliente debiera ser TN-S, es decir, el neutro y la tierra deben estar separados, conectados sólo en la posición de servicio. Debido a que se permite al cliente usar el terminal de tierra, el proveedor debe asegurarse que todos los elementos metálicos internos, normalmente expuestos (tales como tuberías de agua, de gas, calefacción, etc.) se conecten juntos en la forma prescrita en las normas.

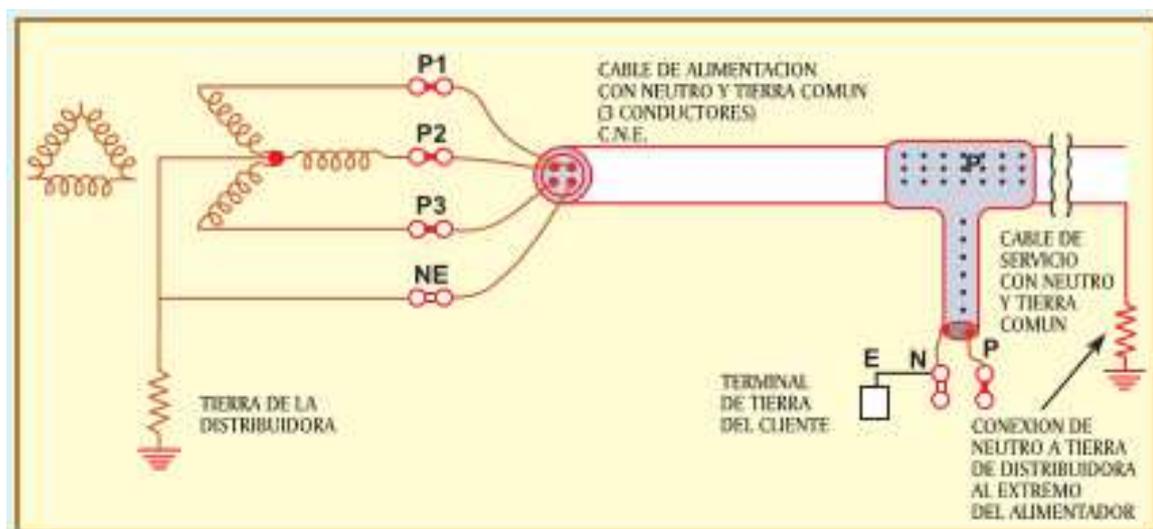


Figura 3: Sistema TN-C-S

PNB.- Conexión a neutro de protección. Este es una variación del sistema TN-C-S en que el cliente dispone de un terminal de tierra conectado al neutro de la alimentación, pero el neutro se conecta a tierra en un único punto, normalmente cerca del punto de alimentación al cliente. Se reserva el uso de este arreglo cuando el cliente tiene un transformador particular.

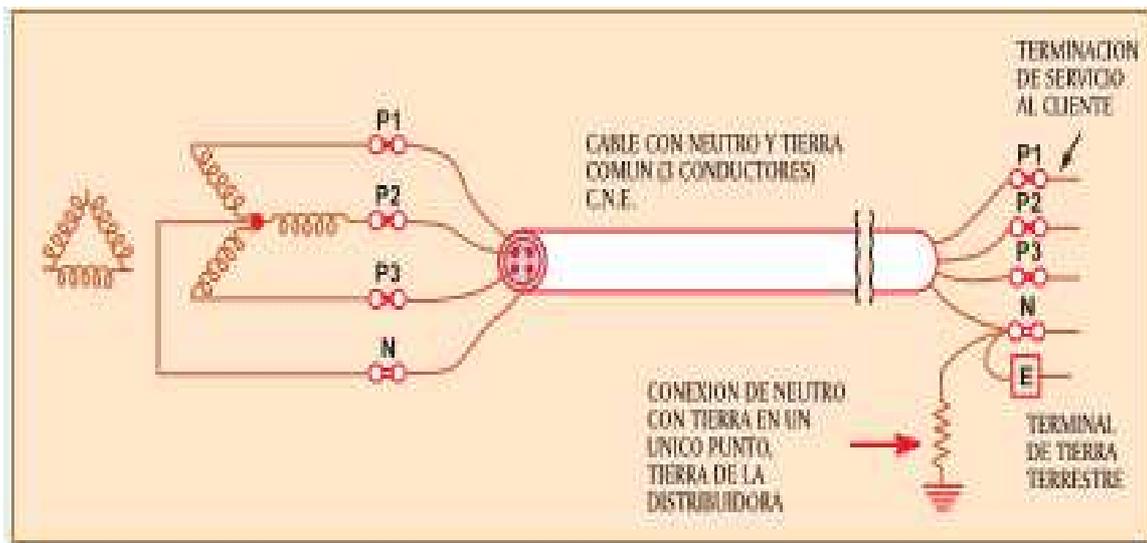


Figura 4: Sistema PNB

Los dos sistemas restantes son:

TT.- Este es un sistema donde la alimentación se pone a tierra en un único punto, pero la pantalla del cable y las partes metálicas expuestas de la instalación del cliente están conectadas a tierra vía un electrodo separado que es independiente del electrodo de alimentación. (Coto, 2002)

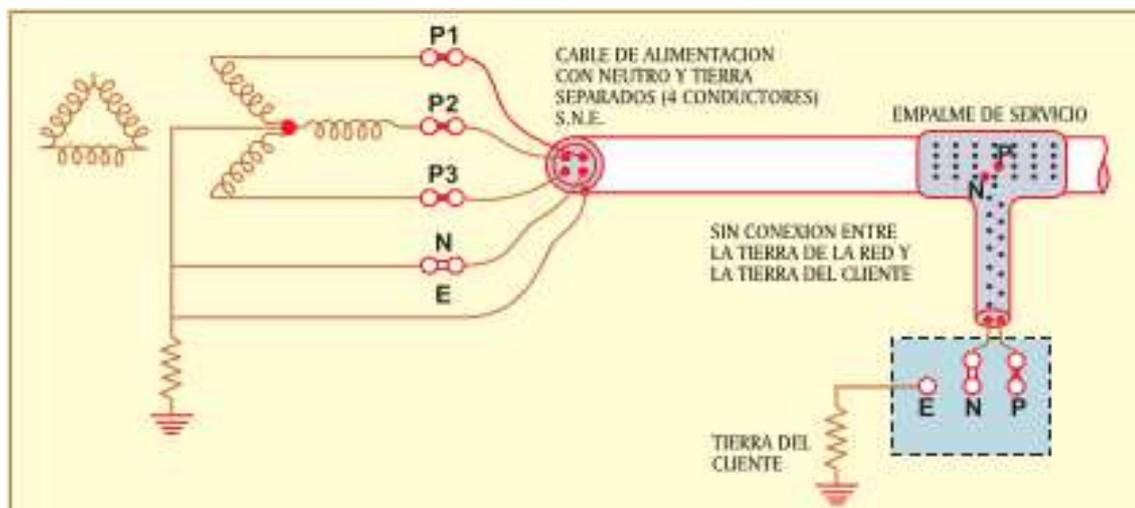


Figura 5: Sistema TT

IT.- Este es un sistema que no tiene conexión directa entre partes vivas y tierra pero con las partes conductivas expuestas de la instalación conectada a tierra. Algunas veces se proporciona una conexión a tierra de alta impedancia para simplificar el esquema de protección requerido para detectar la primera falla a tierra.

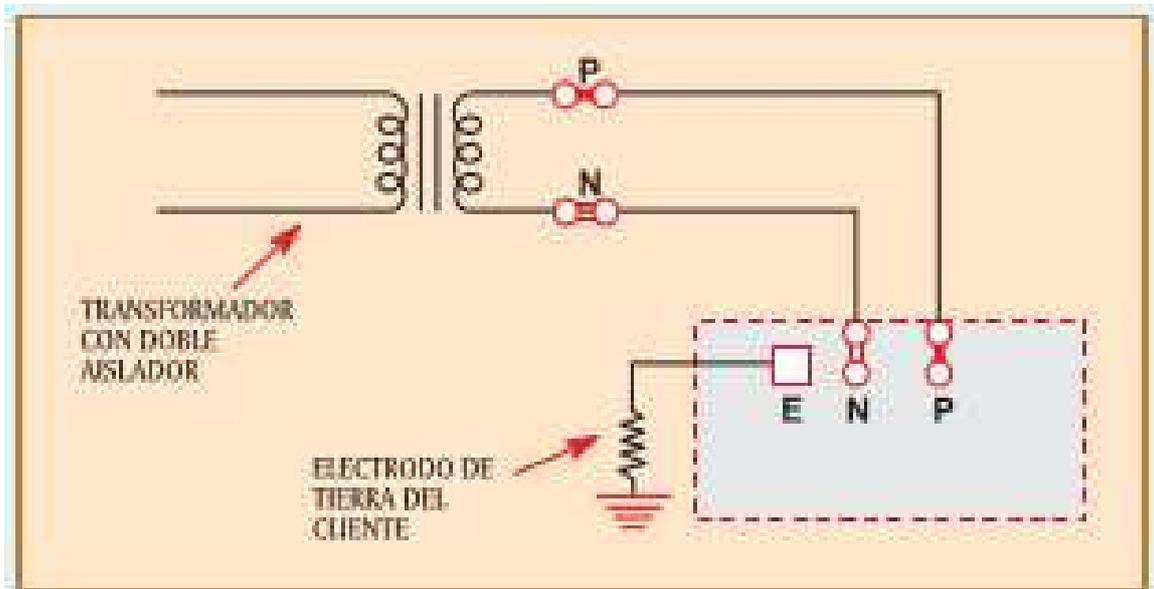


Figura 6: Sistema IT

1.9 Funciones y Objetivos Básicos de una Instalación de Puesta a Tierra.

La función de la puesta a tierra de una instalación eléctrica es la de forzar la derivación, al terreno, de las intensidades de corriente, de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya que se trate de corrientes de defecto, bajo frecuencia industrial, o debidas a descargas atmosféricas, de carácter impulsional. (García, 1990).

1.10 Reseña de Fundamentos Científicos y Factores esenciales en el Análisis de los electrodos de puesta a Tierra.

La tierra, como elemento eléctrico, desempeña varias funciones: 1) circuito de retorno de corrientes eléctricas, es decir, para cerrar circuitos; 2) disipar corrientes eléctricas hacia el seno de la tierra, por ejemplo, las corrientes de rayo, y 3) polo eléctrico, por ejemplo, en las telecomunicaciones.

La manera técnica de introducir la corriente a la tierra es hacerlo por medio de elementos metálicos conductores de electricidad llamados electrodos (fierro, cobre etc.), los cuales puedan adoptar formas geométricas diferentes (esferas, semiesfera, pica, anillo, placa, así como sus combinaciones). La tierra misma se comporta y reacciona de manera diferentes

según la clase de corriente casi estacionaria, por ejemplo ya viene el fenómeno de la inducción y por lo tanto, presenta una conductividad compleja.

1.11 Requerimientos del sistema de puesta a tierra

La función del sistema de puesta a tierra es doble:

- Proporcionar un camino de impedancia suficientemente baja, vía los conductores de tierra, de regreso a la fuente de energía, de tal modo que ante el evento de una falla a tierra de un conductor activo, fluya por una ruta predeterminada una corriente suficiente, que permita operar al dispositivo de protección del circuito.
- Limitar a un valor seguro la elevación de potencial en todas las estructuras metálicas a las cuales tienen normalmente acceso personas y animales, bajo condiciones normales y anormales del circuito. La conexión conjunta de todas las estructuras metálicas normalmente expuestas, previene la posibilidad de una diferencia de potencial peligrosa que surja entre contactos metálicos adyacentes ya sea bajo condiciones normales o anormales.

Hay dos tipos principales de conductores de tierra: los conductores de protección (o de conexión) y los electrodos de tierra.

1.12 Conductores de conexión y conductores de protección

En las reglamentaciones, se han planteado diversas definiciones para describir los diferentes tipos de conductores de tierra usados.

Los tipos son:

Conductor de protección de circuito: Este es un conductor separado instalado con cada circuito y está presente para asegurar que parte o toda la corriente de falla regrese a la fuente a través de él. Puede ser un conductor individual, la cubierta metálica exterior de un cable o la estructura de un ducto metálico.

Conductores de conexión: Estos conductores aseguran que las partes conductivas expuestas (tales como carcasas metálicas) permanezcan aproximadamente al mismo

potencial durante condiciones de falla eléctrica. Las dos formas de conductores de conexión son:

Conductores de conexión equipotencial principales, que conectan entre sí y a tierra, partes conductivas expuestas que normalmente no llevan corriente, pero podrían hacerlo bajo una condición de falla. Estas conexiones normalmente unen al sistema de puesta a tierra tuberías metálicas de gas y agua expuesta que ingresan a la instalación, estructura metálica del edificio y servicios principales. En el interior de instalaciones, estas conexiones deben ser de un cierto tamaño mínimo (al menos 6 mm²) y generalmente no necesitan ser mayor que 25 mm² en cobre.

1.13 Electrodo de tierra

El electrodo de tierra es el componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno y así proporciona un medio para botar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra. En sistemas puestos a tierra se requerirá normalmente llevar una corriente de falla bastante grande por un corto período de tiempo y, en consecuencia, se necesitará tener una sección suficientemente grande como para ser capaz de llevar esta corriente en forma segura.

Los electrodos deben tener propiedades mecánicas y eléctricas adecuadas para continuar respondiendo las solicitaciones durante un periodo de tiempo relativamente largo, en el cual es difícil efectuar ensayos reales o inspección. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no corroerse dentro de un amplio rango de condiciones de suelo. Los materiales usados incluyen cobre, acero galvanizado, acero inoxidable y fierro fundido.

El electrodo puede tomar diversas formas: barras verticales, placas y conductores horizontales. Las formas más comunes se describen a continuación.

1.13.1 Barras

Esta es la forma más común de electrodos, porque su costo de instalación es relativamente barato y pueden usarse para alcanzar en profundidad, suelo de baja resistividad, sólo con excavación limitada y relleno. Están disponibles en diversos tamaños, longitudes, diámetros y materiales. La barra es de cobre puro o de acero recubierto de cobre.

El tipo recubierto se usa cuando la barra se entierra por medios mecánicos (impacto) ya que el acero usado tiene alta resistencia mecánica. La capa de cobre debe ser de alta pureza y aplicada electrolíticamente. Esto último asegura que el cobre no se deslice al enterrar la barra. En condiciones de suelo más agresivo, por ejemplo cuando hay alto contenido de sal, se usan barras de cobre sólido. Barras de acero inoxidable son más anódicas que el cobre y se usan ante riesgo de corrosión galvánica.

1.13.2 Placas

Se usa varios tipos de placas para propósitos de puesta a tierra, pero el único tipo que se considera generalmente como electrodo debe ser sólido y de tamaño sustancial. Las placas tipo enrejado, se usan para graduar potenciales y no se espera que permitan el paso de niveles de corriente de falla significativos. Se hacen normalmente de una mala de cobre o de acero.

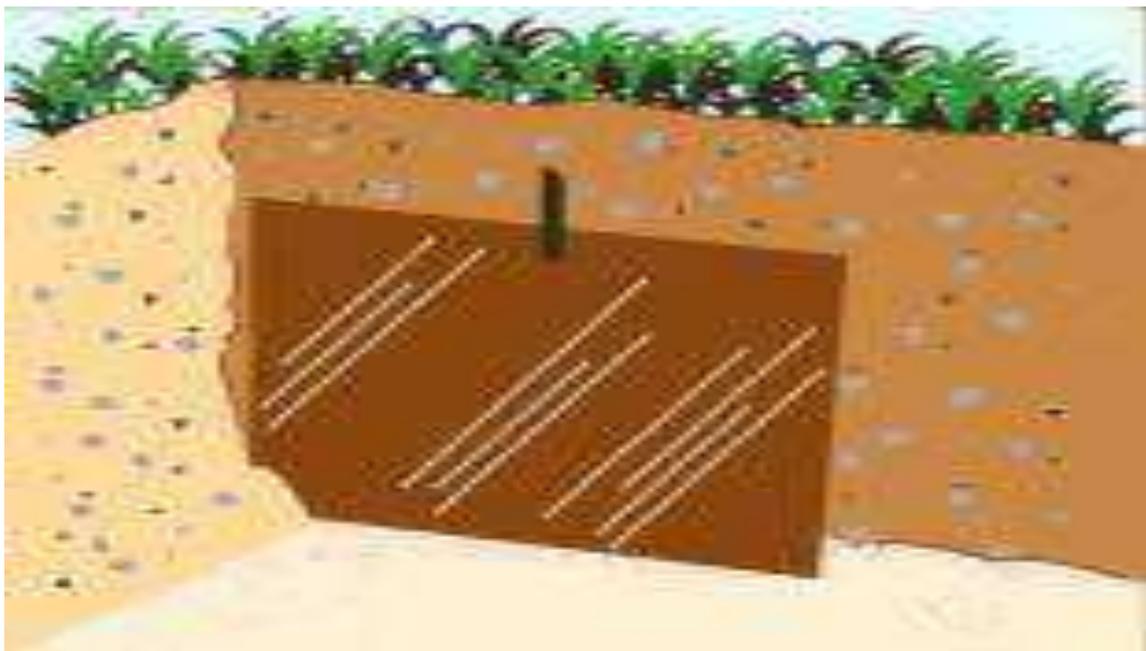


Figura 7: Placa de Tierra

1.13.3 Electrodo horizontales

Están hechos de cintas de cobre de alta conductividad o conductores retorcidos (cables). La cinta es el material más conveniente pues para una sección dada de material presenta una mayor superficie y se considera que tiene un comportamiento mejor a alta frecuencia, debido a la capacitancia levemente mayor a tierra. Puede ser más difícil de conectar (por

ejemplo a barras verticales), de modo que puede significar un costo de instalación levemente mayor.

Para reducir costos globales, la cinta se puede usar para los electrodos que llevarán la mayor corriente (por ejemplo electrodos del perímetro y conexiones principales a los equipos) mientras que el conductor retorcido puede usarse en otra parte. La cinta que se instala bajo tierra es totalmente recocida de modo que puede ser plegada fácilmente. Para conexiones exteriores al terreno están disponibles cinta cubierta de PVC, conductores sólidos o retorcidos. También se dispone de cinta de cobre cubierta de plomo o estaño para aplicaciones especiales.

1.13.4 Electrodo secundarios

Existen algunos tipos interesantes de electrodos secundarios, cuyo propósito es mejorar el comportamiento de un electrodo de tierra. Ellos incluyen pozos de tierra y embalses de terreno. Un pozo de tierra puede comprender varias tuberías largas enterradas verticalmente en el suelo. Están conectadas entre sí y rodeadas por un material de baja resistividad. Un embalse de tierra es típicamente una cavidad en una ubicación donde se pueda mantener la humedad, que está llena con desechos metálicos y otro material conductivo.

Un ejemplo de electrodo secundario consiste de un tubo de cobre de 50 mm de diámetro, disponible en longitudes de hasta 6 metros. El cañón interior se llena parcialmente con sales metálicas en bruto y los extremos superior e inferior del tubo se sellan con tapas. Se perfora el tubo en la parte superior para ventilación y también para drenaje en la parte inferior. El material de relleno recomendado es Bentonita.

1.14 Métodos de Instalación.

Cuando se instalan electrodos de tierra, se deben satisfacer tres condiciones:

- El trabajo debe ser realizado eficientemente para minimizar costos de instalación.
- El terreno o material de relleno usado no debe tener un índice de acidez pH que cause corrosión al electrodo.
- Todas las uniones o conexiones bajo tierra deben ser construidas de modo que no se presente corrosión en la unión o conexión.

El método de instalación, relleno y conexiones que se detalla en los siguientes párrafos dependerá del tipo de sistema de electrodos que se usará y de las condiciones del terreno. Donde se pueda, debiera hacerse uso de trabajo de excavaciones comunes. Invariantemente, se necesitará apoyo mecánico y herramientas manuales para apoyar la instalación.

1.14.1 Barras

Las barras generalmente ofrecen la forma más conveniente y económica de instalar un electrodo. A menudo se requiere modificar poca superficie (tal como romper superficies de concreto), pero por supuesto es necesario inspeccionar para asegurarse que no hay equipo o instalaciones enterradas -tales como tuberías de agua o gas- que puedan ser dañadas al enterrar las barras. Los métodos de instalación incluyen accionamiento manual, accionamiento mecánico y perforadora. Las barras cortas (típicamente hasta 3 metros de largo) se instalan a menudo empleando un martillo pesado (combo) operado manualmente. Los golpes relativamente cortos y frecuentes son más efectivos normalmente.

Las barras están acondicionadas con una cabeza endurecida y una punta de acero para asegurar que la barra misma no se dañe durante el proceso. Las barras más largas se manejan en forma similar, pero usando un martillo neumático que requiere mucho menos esfuerzo físico y proporciona una inercia directa mayor. Se usan también exitosamente para este propósito herramientas eléctricas, a petróleo, hidráulicas de aceite o aire.

1.14.2 Planchas

Originalmente, a comienzos de siglo, las planchas eran tan comunes que a todos los electrodos de tierra se les llamaba planchas de tierra. Cuando se incrementó el uso de la electricidad, las planchas debieron manejar corrientes mayores, lo cual significó aumentar las dimensiones de la plancha. Su uso continuó por un tiempo considerable, principalmente debido a la costumbre y la práctica, a pesar de que tenían algunas desventajas. Por ejemplo, generalmente requieren excavación manual o mecánica y, por lo tanto, el costo de instalación puede ser muy alto. Para reducir la magnitud de la excavación requerida, las planchas se instalan normalmente en un plano vertical, desde aproximadamente 0,5 metros bajo la superficie. Es fácil compactar el terreno contra la plancha cuando se rellena, si está instalada verticalmente. Otra desventaja se debe a la ubicación escogida para las planchas de tierra. A menudo se ubicaban demasiado próximas entre si y sus zonas de influencia se traslapaban. Esto aumenta la resistencia combinada a un valor mayor que el esperado. Si

las planchas tienen que llevar una cantidad importante de corriente, entonces su resistencia necesita ser de bajo valor. En la práctica, las resistencias combinadas no eran aún lo suficientemente bajas y las corrientes de falla generalmente seguían otras rutas. Por lo tanto, en esta situación no se cumplía la mejor densidad de corriente, señalada como una ventaja para las planchas. Usualmente podía lograrse un arreglo mejor usando barras y electrodos horizontales.

1.14.3 Electrodo horizontales

Los electrodos horizontales pueden ser instalados en surcos directamente en el terreno o más frecuentemente en zanjas de hasta un metro de profundidad. El uso de equipo de excavación mecánica de pala angosta puede resultar en costos de instalación menores, en sitios donde esto es posible. La profundidad de instalación tiene normalmente un mínimo de 0,5 metros y más si es necesario pasar bajo nivel de cultivo o de escarcha en zonas heladas.

En muchos proyectos grandes, toda el área puede ser excavada para permitir obras civiles. Esto presenta a menudo una buena oportunidad para minimizar costos tendiendo el conductor del electrodo de tierra en ese momento. Debe tenerse cuidado de prevenir daño o robo del conductor, una vez tendido.

1.14.4 Relleno

En todos los casos, el material de relleno debe ser no-corrosivo, de un tamaño de partícula relativamente pequeño y si fuera posible, que ayude a retener la humedad. Muy a menudo, el material previamente excavado es apropiado como relleno, pero debiera ser arneado para remover piedras antes de rellenar, asegurándose de que quede bien compactado. El suelo debiera tener un índice de pH entre 6,0 (ácido) y 10,0 (alcalino)- ver capítulos 11 y 14. La arcilla dura no es un material de relleno conveniente ya que si es fuertemente compactada, puede llegar a ser casi impermeable al agua y podría permanecer relativamente seca. También puede formar grandes terrones que no se afianzan alrededor del conductor. Los materiales que no debieran ser usados como relleno incluyen arena, polvo de coque, ceniza, muchos de los cuales son ácidos y corrosivos.

1.14.5 Conexiones

Los electrodos de tierra tienen que ser conectados entre sí de alguna manera y es normal que sea vía cobre desnudo si es posible, ya que esto ayudará a reducir el valor de impedancia global. Las conexiones entre los diferentes componentes deben ser

mecánicamente robustas, tener buena resistencia a la corrosión y baja resistividad eléctrica. Es prudente evitar uniones y conexiones innecesarias. Debe considerarse el valor de corriente de falla y la duración de la falla que se espera que soporte el sistema de tierra. Varios estándares indican especificaciones para los materiales que son mínimos aceptables, por ejemplo, establecen que las coplas para barras de cobre necesitan un contenido mínimo de cobre de 80%. A continuación se explican en más detalle los métodos de unión que se emplean, incluyendo métodos mecánicos, bronceados (soldadura en fuerte), soldadura exotérmica y soldados por fusión autógena.

Conexiones mecánicas

Se usan comúnmente y pueden ser mecánicas (conexión apernada) o hidráulicas (compresión). Los conectores deben satisfacer los requerimientos de los estándares aplicables. El proceso de probar el cumplimiento de las normas involucra habitualmente una serie de pruebas de vida durante las cuales el conector es sometido a impactos mecánicos, eléctricos y térmicos. En consecuencia son factores importantes el diseño, tamaño y material usado –particularmente ya que tales conectores pueden permanecer invisibles en el terreno por cierto número de años, antes de que sean solicitados para operar. Es esencial una conexión eléctrica de baja resistencia, especialmente en sistemas de Electroodos del tipo radial. Durante la mantención, se han descubierto conexiones con resistencia de más de 20 ohms.

Claramente, esto perjudica el comportamiento del sistema de electroodos. Cuando se apernan entre sí cintas de cobre, debe tenerse cuidado con el tamaño de las perforaciones efectuadas para acomodar el perno. Si son demasiado grandes, la capacidad de transporte de corriente de la cinta se perjudicará. Por esta razón, los estándares y reglamentos de práctica normalmente limitan el diámetro de la perforación a un tercio del ancho de la cinta o menos. Cuando se apernan metales diferentes (por ejemplo cintas de cobre y aluminio), las superficies deben ser minuciosamente limpiadas y protegidas por un inhibidor de óxido. Una vez efectuada la conexión, el exterior debe ser cubierto por pintura bituminosa u algún otro medio para proteger contra el ingreso de humedad. Cuando se une cobre y aluminio, el cobre primero debe ser estañado. Una unión apernada de este tipo es actualmente el método recomendado preferentemente en los estándares para conectar metales diferentes, en el caso de instalaciones exteriores y en subestaciones eléctricas. Estas conexiones deben estar a una mínima distancia sobre tierra y no pueden ser enterradas.

Para unir distintos tipos de conductores, por ejemplo, barras de tierra a cinta o cable, se dispone de abrazaderas apropiadas. Estas deben tener un alto contenido de cobre. No deben usarse bandas metálicas.

Conexiones bronceadas (soldadas en fuerte)

La conexión bronceada se aplica ampliamente al cobre y aleaciones de cobre. Este método tiene la ventaja de proporcionar una baja resistencia de unión la cual no se corroe. Actualmente, es el método preferido descrito por los estándares para conectar cintas de cobre en el interior de subestaciones. Sin embargo, es esencial que el bronceado sea efectivo. Puede ser difícil hacer una buena unión en terreno, particularmente donde están involucradas grandes áreas de sección transversal. Son esenciales las superficies planas limpias pues los materiales de bronceado generalmente no fluyen como la soldadura. Existe así la posibilidad de conexiones adecuadas sólo en los puntos de contacto, pero con vacíos importantes que quedan sin llenar. Para este trabajo es esencial una buena fuente de calor, particularmente para conectores grandes.

1.15 Capacidad de transporte de corriente de falla

El tipo de unión puede influir en el tamaño del conductor usado debido a las diferentes temperaturas máximas permisibles para las distintas uniones. Por ejemplo, la máxima temperatura permisible para uniones apernadas es 250°C, para uniones bronceadas es 450°C y 750°C para uniones soldadas, según la norma británica BS 7430 1991 «Code of Practice for Earthing». Por lo tanto, si considerásemos una corriente de falla de 25kA y una duración de 1segundo, se requerirían los siguientes calibres de conductores según cada tipo de unión:

Claramente el método de unión empleado permite reducir costos mediante el uso de conductores de menor sección. Note, sin embargo, que la reglamentación adoptada debe revisarse en cuanto a que pueden citarse diferentes valores de la temperatura máxima permisible.

Conexión	Apernada	Bronceada	Soldada
Temp. Máxima Calibre Conductor	250°C 152 mm ²	450°C 117 mm ²	700°C 101 mm ²

Figura 8: Capacidad de transporte de corriente de falla

1.16 Sitios De Telecomunicaciones

En las industrias de telecomunicaciones, la técnica que se utiliza para las conexiones a tierra es diferente a los sistemas de CA. Para los sistemas de telecomunicaciones, se utiliza una barra de tierra principal como referencia a tierra para varios sistemas en un edificio, como las tierras del equipo de telefonía, la tierra de las baterías, tierras RF (Radioafición), tierras halo y las tierras aisladas del equipo electrónico. La barra de tierra principal se ubica fuera del equipo de servicio, para quedar de forma accesible, de esta manera la tierra de telecomunicaciones y tierras CD se pueden conectar fácilmente sin la intervención de un electricista. Una de las razones de esta barra de tierra principal, es la cantidad de conexiones, requiriendo para ello numerosos agujeros. Además debe existir un punto central para remover los terminales. No se puede olvidar el factor de seguridad, para que nadie remueva el neutro accidentalmente buscando una tierra.

Los sistemas de telecomunicaciones utiliza bancos de baterías para no ver interrumpido el suministro de energía, eliminando así problemas de transitorios e interrupción. Las baterías son útiles, puesto que la mayoría de equipo funciona con CD, el banco de éstas se instalan proporcionando varias horas de respaldo. El terminal del sistema de CD se conecta a tierra en la sección N de la barra principal; hay que recordar un esquema muy importante, las armónicas deterioran los bancos de baterías. En el caso de torres de radiodifusión, se emplean cables en configuración de estrella (radiales) para su puesta a tierra. Se ha encontrado más efectivo tener conectados los cables en un punto que tener múltiples anillos rodeando el sitio.

Estos cables radiales llamados contra-antenas pueden ser menores a 30 m de largo si el suelo es adecuado. Los cables dispersan la energía de las descargas muy eficientemente. Como la corriente se divide en proporciones iguales en los cables radiales, entre más cables, menor corriente los circula. Y, una baja corriente es más fácil de disipar y tendrá menor impacto en la elevación del potencial de tierra del sistema.

El método recomendado para realizar una puesta a tierra efectiva en un sitio de telecomunicaciones es la utilización del concepto de “punto único de conexión a tierra”, que se ha convertido en el estándar de la industria de telecomunicaciones para poner a tierra su equipo digital. El sistema punto único de conexión a tierra se logra conectando todos los elementos de tierra en un punto común, el cual se conoce como barra principal de tierra.

1.16.1 Subsistema exterior e interior de tierra

En sitios con antenas de radio, el propósito de la conexión a tierra es proporcionar una trayectoria con la impedancia más baja posible, desde las antenas y la torre, a tierra. La tierra de la torre consiste en un anillo de alambre que está enterrado alrededor de la base. La tierra externa del edificio consiste por lo general en un alambre enterrado, en forma de anillo, que circunda el edificio. El anillo externo tiende a igualar el potencial del terreno en los alrededores de la caseta y torre. Los dos anillos, el de la torre y el del edificio se conectan entre sí y se complementan con una varilla de tierra. Todos los blindajes de las líneas de transmisión de RF y equipos de entrada se conectan a tierra.

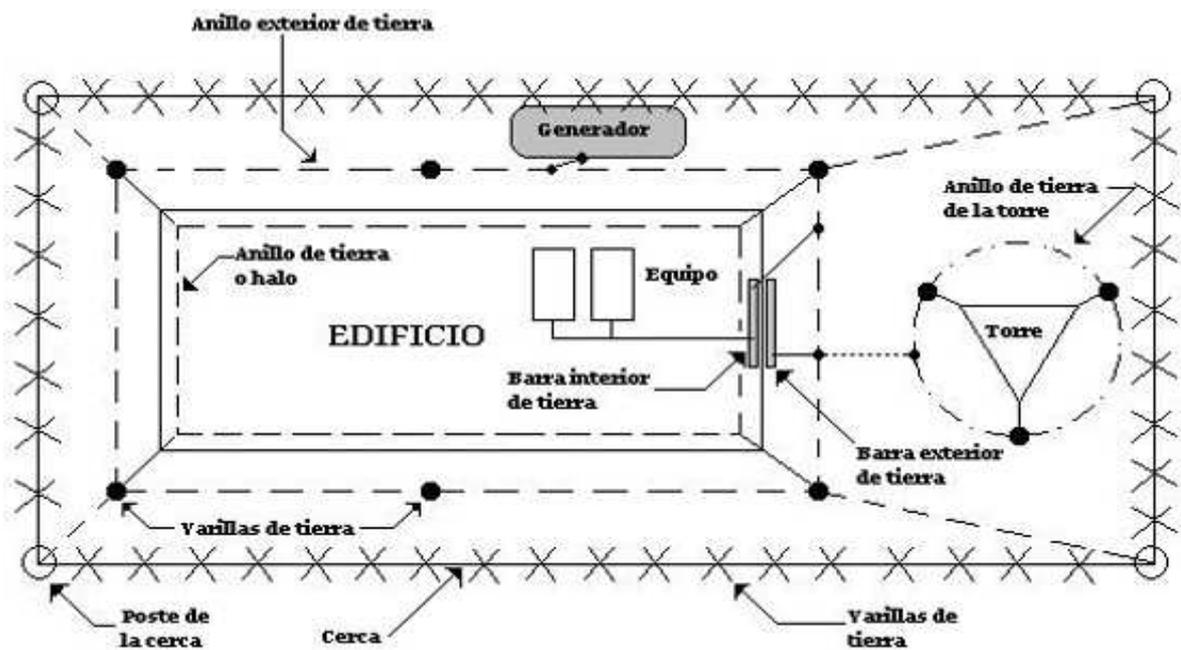


Figura 9: Anillo de tierra interior y exterior

1.16.2 Barra externa de tierra

La barra externa de tierra es una barra de cobre, con orificios taladrados para montar las terminales. Puede estar equipada con una cinta de cobre de 5.8 cm de longitud y de 1.3 mm de espesor, que sirve como conexión a esta barra, la cual proporciona un punto de baja resistencia para aterrizar las terminales de los accesorios de conexión a tierra de las líneas de transmisión en el punto de entrada en el cuarto del equipo. Se ubica directamente debajo de la ventana de entrada de la guía de onda en la parte exterior del cuarto del equipo.

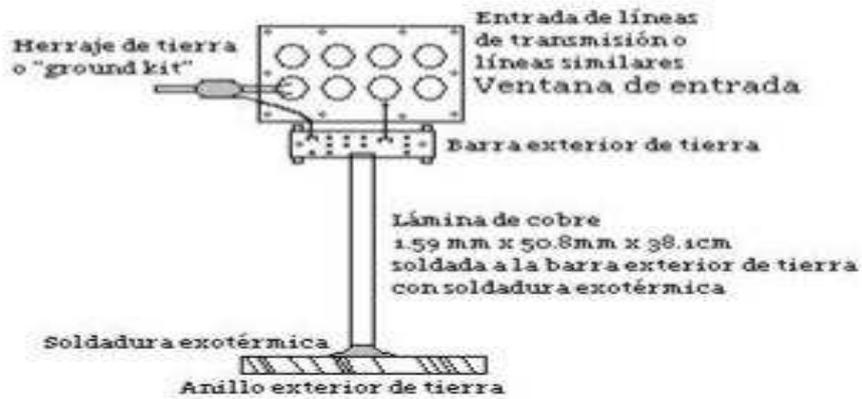


Figura 10: Barra exterior de tierra, unida al anillo exterior de tierra

1.16.3 Barra principal de tierra

La barra principal de tierra, es el centro de actividad del sistema de tierra. Es el punto de conexión común para las protecciones contra sobrevoltajes transitorios (P) y los absorbedores de carga (A), lo mismo que para las tierras de los equipos de ambas áreas, las no aisladas (N), y las aisladas (I).

La barra es de cobre y está aislada de su soporte y se ubica fuera del área de la zona de tierra aislada, sus dimensiones mínimas son 57 mm de largo por 78 mm de ancho y 6.35 mm de espesor. Por lo general, se instala en la pared del sitio. Todas las terminales a la barra deben conectarse al conductor por medio de conectores del tipo lengüeta con dos pernos, que tengan conexión de compresión o soldadura exotérmica con el conductor. La configuración de la unión a la barra, facilita la concentración y disipación de altas sobrecorrientes que se generan fuera del alambrado de la planta, equipo de radio, etc., por medio de las secciones (P) y (A) de la barra. Ésta mantiene el mismo potencial de voltajes a través de sus secciones (N) e (I).



Figura 11: Barra principal de tierra.

En la parte de los generadores se encuentran: los blindajes de cables de teléfonos, marco del generador, etc., tierra de equipo de radio, etc. En la parte de los absorbedores están, la

conexión T-N del edificio, anillo de tierra exterior, acero del edificio, tubería de agua, etc. La batería de 24 V y la de 48 V, se encuentran en la zona de tierra no aislada, mientras que la barra de ventana de tierra se encuentra en la tierra de la zona aislada.

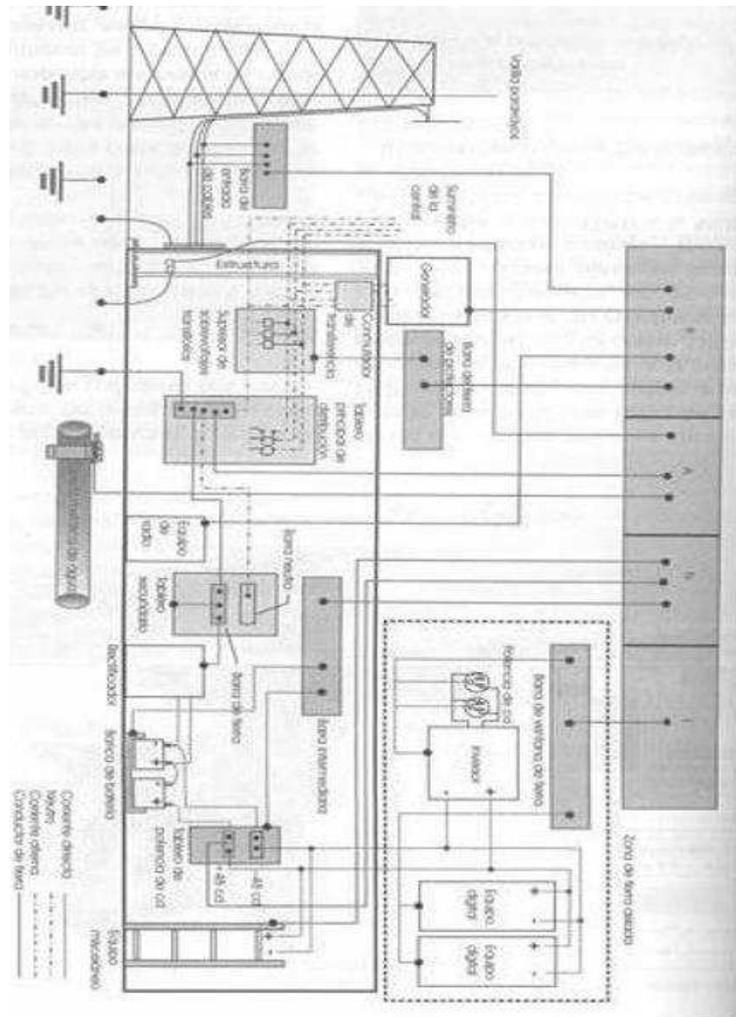


Figura 12: Sistema de Puesta a Tierra de un sitio de Telecomunicaciones

1.16.4 Sistema de puesta a tierra de un sitio de comunicaciones

El sistema presenta una trayectoria directa de baja impedancia entre la tierra y todos los equipos de alimentación y comunicaciones, se compone de cuatro subsistemas básicos:

- sistema de electrodo de tierra.
- sistema de protección contra fallas.
- sistema de protección contra descargas atmosféricas y sistema de señal de referencia.

El **sistema de electrodos** se instala con el fin de proporcionar una trayectoria de baja resistencia para conducir la energía de rayos y evita que ocurran diferencias peligrosas de voltajes.

El sistema de electrodo de tierra en un sitio de comunicaciones deberá unirse:

- En un punto único.
- A todos los subsistemas de tierra, los cuales incluyen el sistema de protección contra descargas atmosféricas, la referencia de señal y los sistemas de protección contra fallas.
- A la tubería metálica bajo tierra, a los tanques u otras masas u objetos metálicos enterrados.

Para el anillo externo de tierra, el sistema está compuesto de un conductor externo que rodea el perímetro de la caseta y torre y de electrodos o barras de cobre. Las puntas de los conductores se unen para formar un anillo. A este conductor se sueldan exotéricamente las barras de cobre asegurando el contacto permanente con la textura del terreno. Se deben utilizar barras de cobre pues su corrosión es más lenta que en otro metal económicamente aceptable.

Está prohibido el uso conductor de aluminio. Las varillas de tierra deberán: Sistema de puesta a tierra y protección para sistemas de telecomunicaciones.

- Ser de acero recubierto con cobre y tener una longitud mínima de 2.40 m y un diámetro de 16 mm. El revestimiento de cobre no debe ser menor de 0.31 mm.
- El espacio mínimo aceptable entre varillas es de 1.80 m, pero se recomienda un espacio de dos veces la longitud de la varilla.
- El espacio mínimo entre las varillas y el edificio es de 60 cm.
- Debe enterrarse a una profundidad de 75 cm.

Las características del conductor del anillo exterior de tierra son:

- Sólido de cobre (BTC) y su calibre mínimo se a AWG, número 2.
- Que se entierre 75 cm por debajo de la superficie del terreno.
- Que se conecte a la barra principal de tierra.

1.16.5 Radiales

La interconexión de varillas de tierra es la medida correcta en lugares donde es posible enterrarlas. Los radiales, o cables extendidos horizontalmente son excelentes no sólo para un buen sistema de baja frecuencia, sino también para un sistema a tierra contra radiofrecuencias, ver figura 22. Teóricamente cuatro radiales enterrados, cada uno de 20 m de longitud, y de alambre AWG calibre 10, tendrán una resistencia de 30Ω en un suelo de $1000 \Omega/m$. Ocho radiales proporcionarían una resistencia de 25Ω . Ocho radiales separados uno de otros 50 m colocados sobre la superficie o enterrados en forma superficial tendrán una resistencia aproximada de 13Ω en un suelo de $1000 \Omega/m$. Para casos prácticos se recomienda que los radiales se extiendan en secciones de 22 m, nunca menores de 15 m, y que se utilicen radiales adicionales desde la torre para reducir aún más la resistencia de tierra.

De esta forma, la mayor cantidad de energía se aleja de la torre y la caseta del equipo. Los tendidos de radiales deben estar orientados de tal forma que se alejen lo más posible de la caseta.

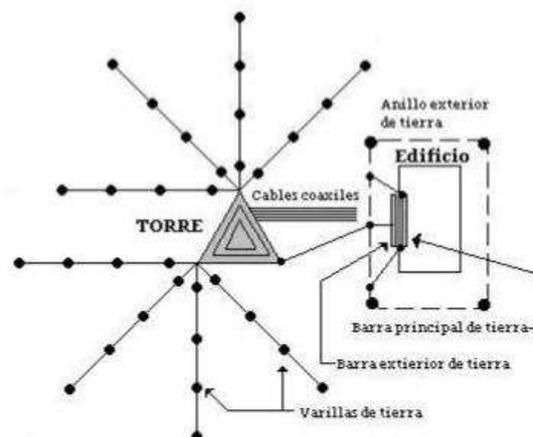


Figura 13: Radiales

Las instalaciones celulares, que son redes de alta frecuencia, requieren un plano de tierra equipotencial que entre más extenso sea minimizará con mayor efectividad las diferencias de potencial entre los equipos que están interconectados de potencial entre los equipos que están a alta frecuencia. En una instalación típica, el anillo interior de tierra, proporciona este plano equipotencial. El sistema de anillo interior consiste de cable AWG calibre #2, con aislante color verde, puesto alrededor de perímetro del área a cubrir. La forma correcta de utilizar el halo en una instalación de comunicaciones es como un blindaje de Faraday.

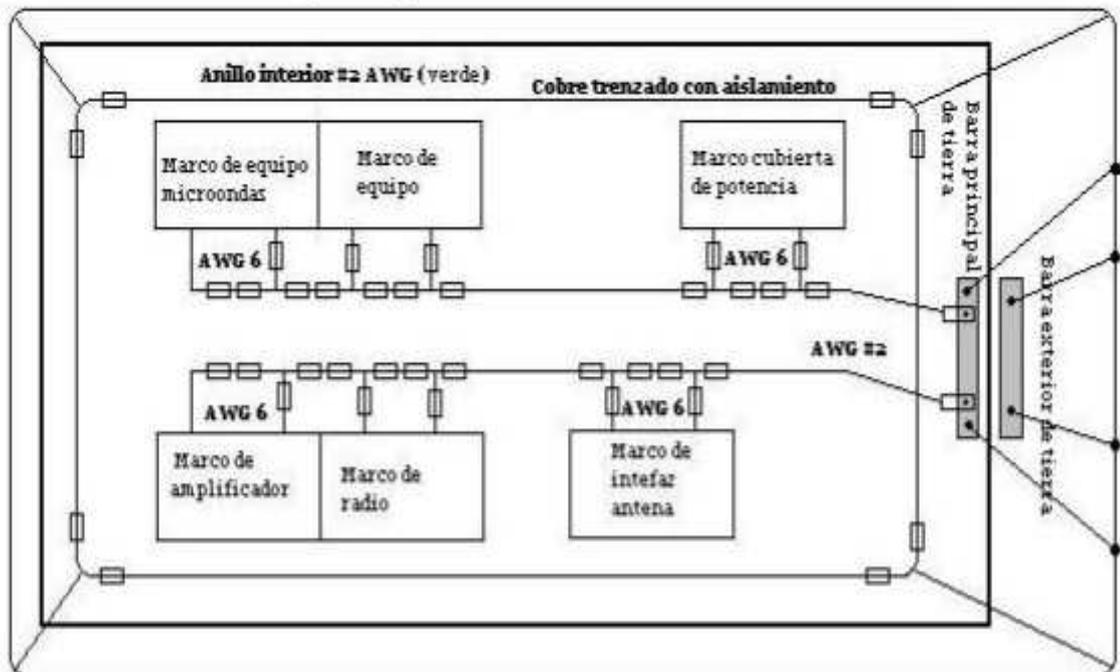


Figura 14: Anillo interior de tierra o halo

1.16.6 Medición de la resistencia en instalaciones celulares y torres de radio y microondas

En la mayoría de estas instalaciones hay una torre con cada una de sus patas puestas a tierra. Estas tierras son conectadas entre sí con un cable calibre #2 de cobre desnudo. Cerca de la torre está el edificio de la instalación con todos los equipos de transmisión, etc. Dentro del edificio existe un anillo de tierra y una barra principal de tierra. El anillo es conectado a la barra principal de tierra. El edificio de la instalación es puesto a tierra a las cuatro esquinas y éstas son interconectadas mediante un cable #2. Este anillo externo es también conectado a la barra principal. Se realiza también una conexión entre el anillo externo de tierra del edificio y el anillo de tierra de la torre. En la instalación celular de la figura 24 se muestra: 1. Barra principal de tierra, 2. Anillo de tierra de la central, 3. Tubería de agua, 4. Estructura metálica del edificio, 5. Neutros puestos a tierra.

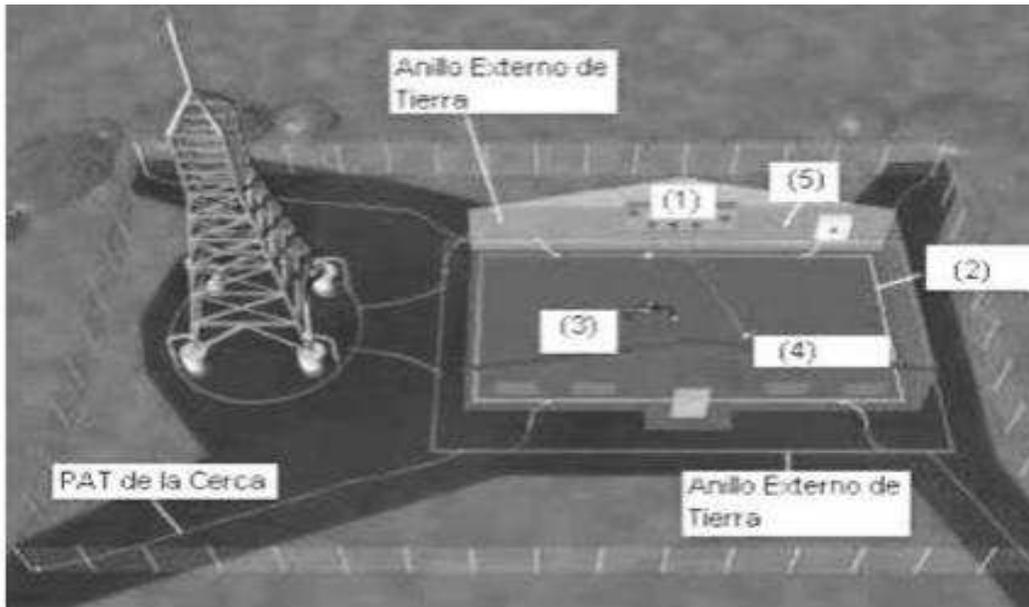


Figura 15: Instalación celular.

La primera medición a realizar es sin electrodos para cada una de las patas de la torre y las cuatro esquinas del edificio. Esta no es una medición real de resistencia de puesta a tierra debido a la conexión de la red. Es una prueba de continuidad para verificar que existe la puesta a tierra, se tiene una conexión eléctrica y puede pasar corriente.

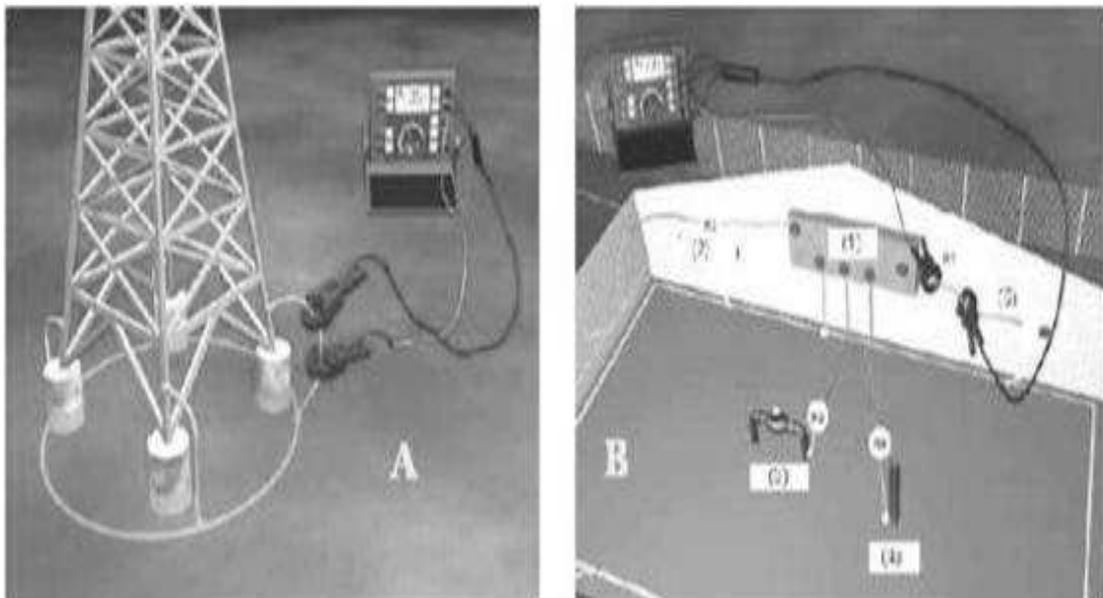


Figura 16: Medicion en instalacion celular en torre de telecomunicacion.

1.16.7 Diseño de una malla de puesta a tierra

El procedimiento general debe incluir los siguientes pasos:

- ✓ Cálculo del área del terreno donde se va a instalar la malla
- ✓ Cálculo del radio equivalente de esta área.
- ✓ Dibujar un rectángulo sobre esta área.
- ✓ Insertar una malla dentro de este rectángulo.
- ✓ Calcular la longitud del conductor requerido que se propone.
- ✓ Medir la longitud real del conductor resultante.
- ✓ Medir la resistividad del terreno.
- ✓ Cálculo de corrientes de cortocircuito.
- ✓ Cálculo de la corriente máxima de la malla.
- ✓ Análisis de las tensiones de paso y contacto.
- ✓ Medición de la resistencia de malla de puesta a tierra.

CAPÍTULO II

2.1 DISEÑO METOLÓGICO.

2.1.1 Tipo de Investigación.

Este trabajo de investigación utilizó métodos, técnicas e instrumentos que permitieron alcanzar el objetivo propuesto.

Métodos teóricos: Los métodos teóricos que se emplearon en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Análisis – Síntesis: Permitió adquirir información relacionada con el problema que se investigó lo cual permitió realizar el análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., contribuyendo a que las actividades laborales mejoren.

Inducción – Deducción: Permitió realizar el análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a Tierra, información que permitió concluir y recomendar acciones para mejorar la calidad del operatividad de las Torres de Telecomunicaciones, lo cual trajo beneficios en las actividades laborales que se realizan en la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Bibliográfico: Mediante este tipo de metodología se obtuvo material que permitió disponer de información con relación a las variables del tema. La obtención de la información se realizó a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado relacionadas con la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, revistas o artículos científicos.

Métodos Empíricos: Los métodos empíricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Encuesta: Se realizó entrevista a los clientes de la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., la misma que estuvo estructurada con 10 preguntas acerca del sistema de puesta a Tierra.

Ficha de Observación:

Se aplicó una ficha de observación, compuesta de 8 ítems acerca del sistema de protección de puesta a Tierra instalado por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Tabulación de datos: Se hizo necesario la tabulación de datos de la información recolectada sobre sistema de protección de puesta a Tierra instalada por la Empresa Sistelycom de la Cía. Ltda.

Población y Muestra

La población se constituyó por: 20 clientes de la Empresa Sistelycom Cía. Ltda., con un total de 20 participantes.

Muestra Se aplicó a la totalidad de la población por tratarse de un número reducido de participantes.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se ofició a la autoridad para obtener la respectiva autorización en la recopilación de información. Obtenida la aprobación, se procedió a recopilar la información, la misma que consistió en entrevistar a los involucrados en la investigación y aplicar la ficha de observación. Posteriormente se procedió a la tabulación de los datos.

2.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se utilizó parte del paquete office y se procedió de la siguiente manera: Tabulación y elaboración de cuadros y gráficos estadísticos a través del software Excel, para el proceso de texto se utilizó Word.

2.4 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO CON SUS RESPECTIVAS INTERPRETACIONES

PREGUNTAS	OPCIONES		TOTAL ENCUESTADOS	% SI	% NO	TOTAL%
	SI	NO				
1	15	5	20	75,00	25,00	100
2	18	2	20	90,00	10,00	100
3	16	4	20	80,00	20,00	100
4	1	19	20	5,00	95,00	100
5	0	20	20	0,00	100,00	100
6	19	1	20	95,00	5,00	100
7	17	3	20	85,00	15,00	100
8	20	0	20	100,00	0,00	100
9	20	0	20	100,00	0,00	100
10	20	0	20	100,00	0,00	100

Preguntas dirigidas a clientes de la empresa Sistelycom Cía. Ltda.

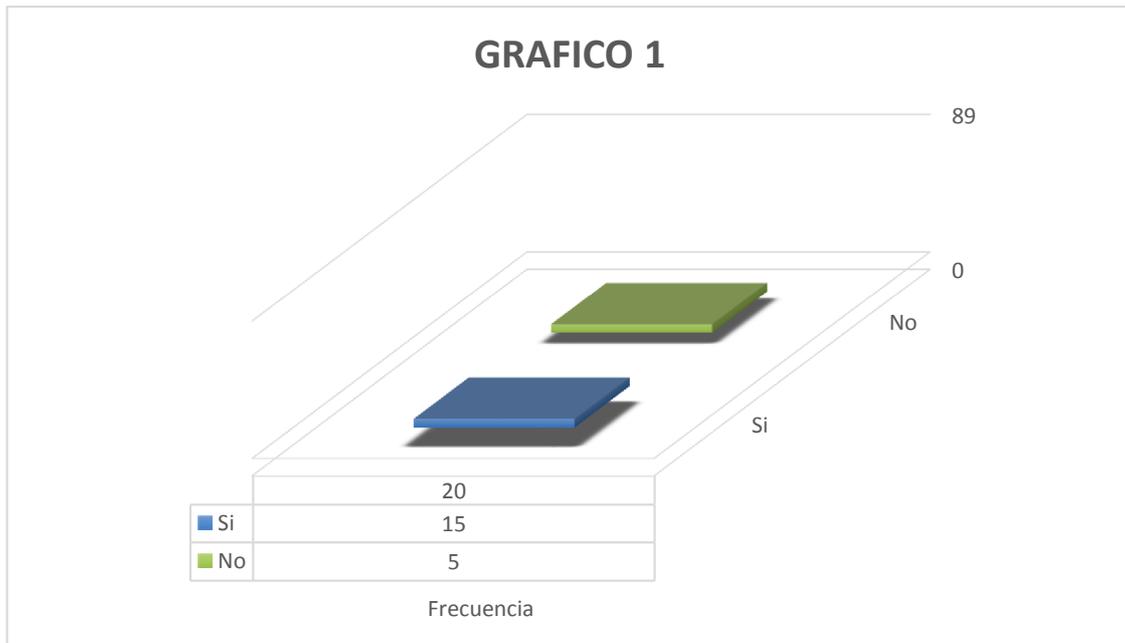
1.- ¿La empresa Sistelycom Cía. Ltda., brinda un buen servicio en instalaciones de sistema de puesta a tierra?

TABLA # 1

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	15	75%
B	No	5	25%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 1



Análisis e interpretación

Con la finalidad de saber si la empresa que Sistelycom Cía. Ltda., brinda un buen servicio en instalaciones de sistema de puesta a tierra se obtuvo los siguientes resultados; 15 clientes de la empresa que representa el 75% de la población entrevistada, manifestó que Si brinda un buen servicio en instalaciones de sistema de puesta a tierra, mientras 5 clientes que representan el 25% manifestaron que No, por lo que se puede evidenciar la satisfacción de la mayoría de los clientes por los servicios prestados.

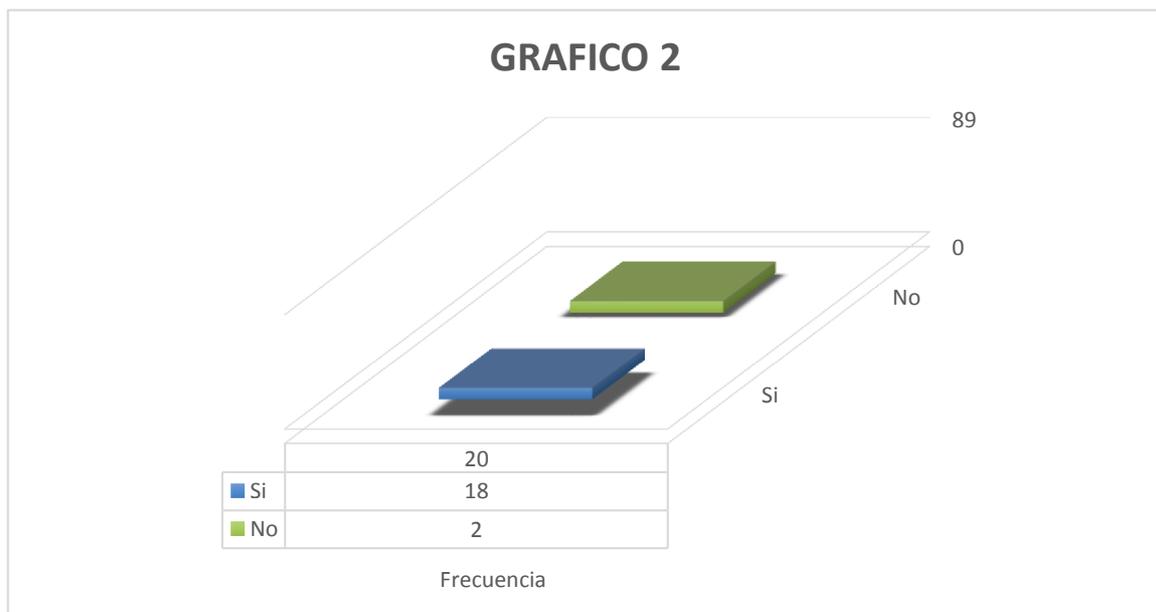
2.- ¿Está satisfecho con la calidad del servicio del sistema de puesta a tierra instalado por la empresa Sistelvycom. Cía. Ltda?

Tabla N° 2

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	18	90%
B	No	2	10%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

GRAFICO # 2



Análisis e interpretación

Con el propósito de investigar si los clientes están satisfecho con la calidad del servicio del sistema de puesta a tierra instalado por la empresa Sistelvycom, se obtuvo el siguiente resultado, 18 clientes que representan el 90% manifestó que Si, mientras 2 clientes que representan el 10% manifestaron que No, por lo que se puede evidenciar que la mayor parte de los clientes se sienten satisfecho por el servicio brindado.

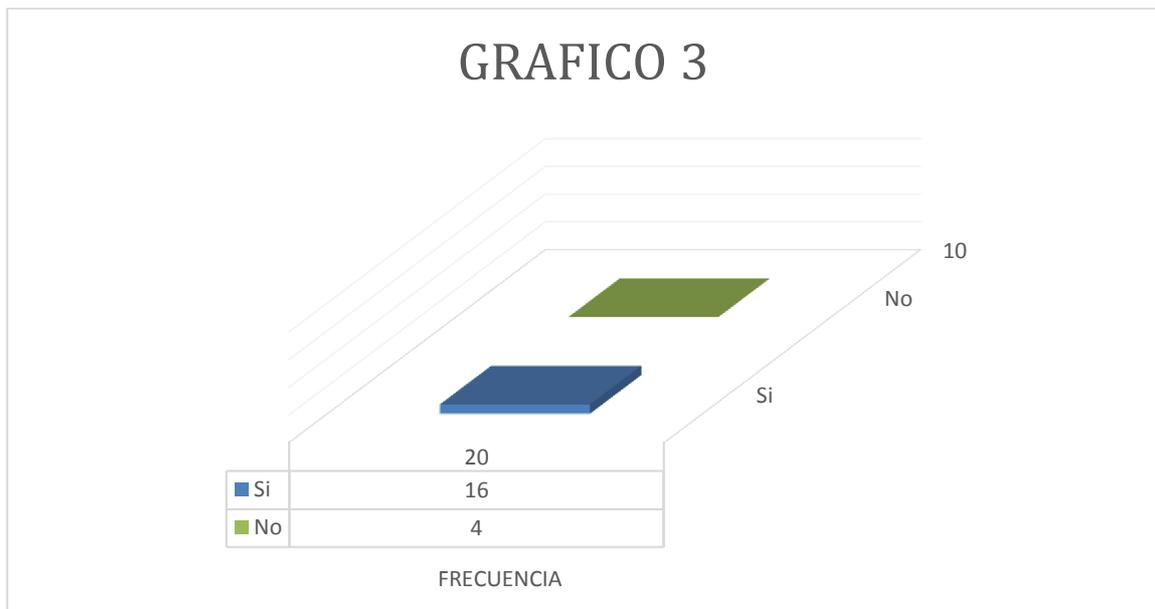
3.- ¿Se han presentado fallas ocasionales en el servicio de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicación?

Tabla # 3

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	16	80%
B	No	4	20%
	Total	20	100%

Fuente: Cliente Torres de Telecomunicaciones
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

GRAFICO # 3



Análisis e interpretación

Con el objetivo de conocer si se han presentado fallas ocasionales en el servicio de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicación, se obtuvo el siguiente resultado, 16 clientes que representa el 80% manifestaron que Si, mientras 4 clientes que representan el 20% manifestaron que No, por lo que se puede evidenciar que existe alguna falla en el sistema de protección de puesta a tierra.

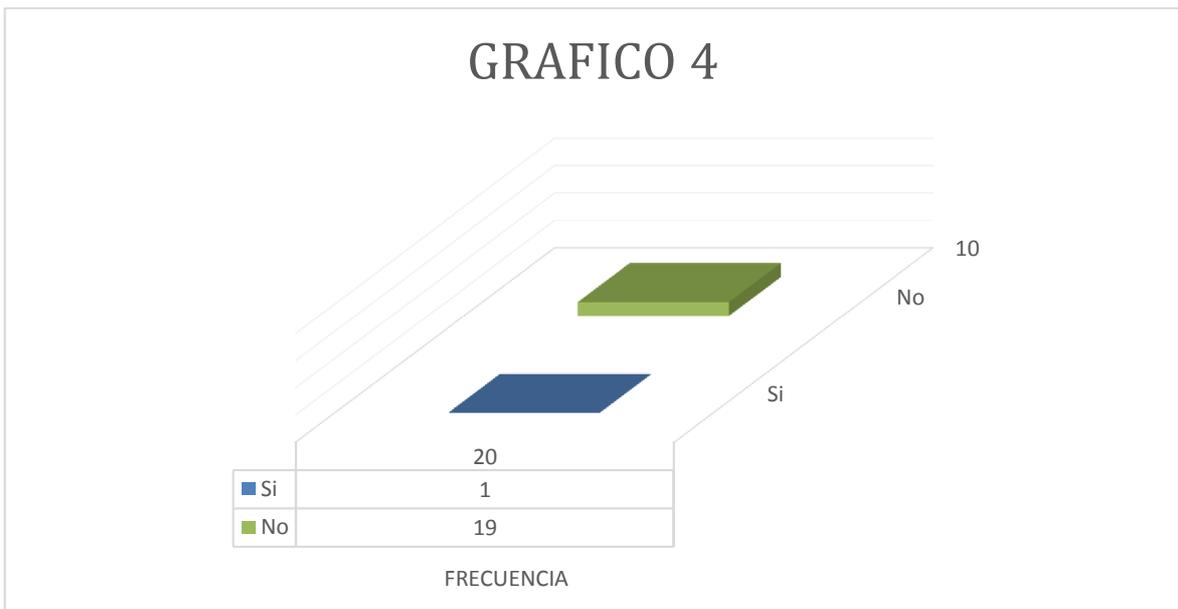
4. ¿Se han generado desperfectos en los aparatos eléctricos a causa del funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra instalado por la Empresa Sistelvycom. Cía. Ltda.

Tabla # 4

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	1	5%
B	No	19	95%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 4



Análisis e interpretación

Con el propósito de conocer si se han generado desperfectos en los aparatos eléctricos a causa del funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra instalado por la Empresa Sistelvycom. Cía. Ltda, se obtuvo el siguiente resultado, 19 clientes que representa el 95% mencionaron que No, mientras 1 cliente que representan el 5% mencionó que Si, por lo que se puede evidenciar que las fallas de funcionamiento del sistema no causan mayor malestar en le clientes.

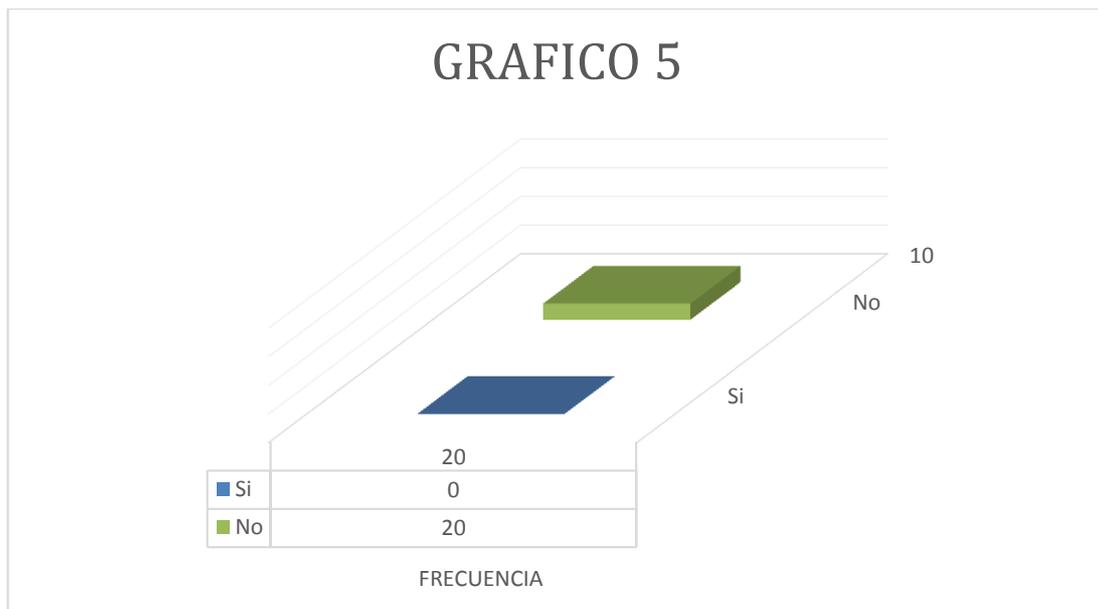
5. - ¿Han ocurrido accidentes que pongan en riesgo la integridad humana, a causa del funcionamiento del sistema a puesta de tierra?

Tabla # 5

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	0	0%
B	No	20	100%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 5



Análisis e interpretación

Con el objetivo de conocer si se han producido accidentes de tipo eléctrico que pongan en riesgo la integridad humana a causa del funcionamiento del sistema de puesta a tierra, se obtuvo el siguiente resultado, los 20 clientes que representa el 100% de la población manifestó que No, por lo que se puede evidenciar que el sistema de protección de puesta a tierra está funcionando normalmente a pesar de las fallas ocasionales que se presentan.

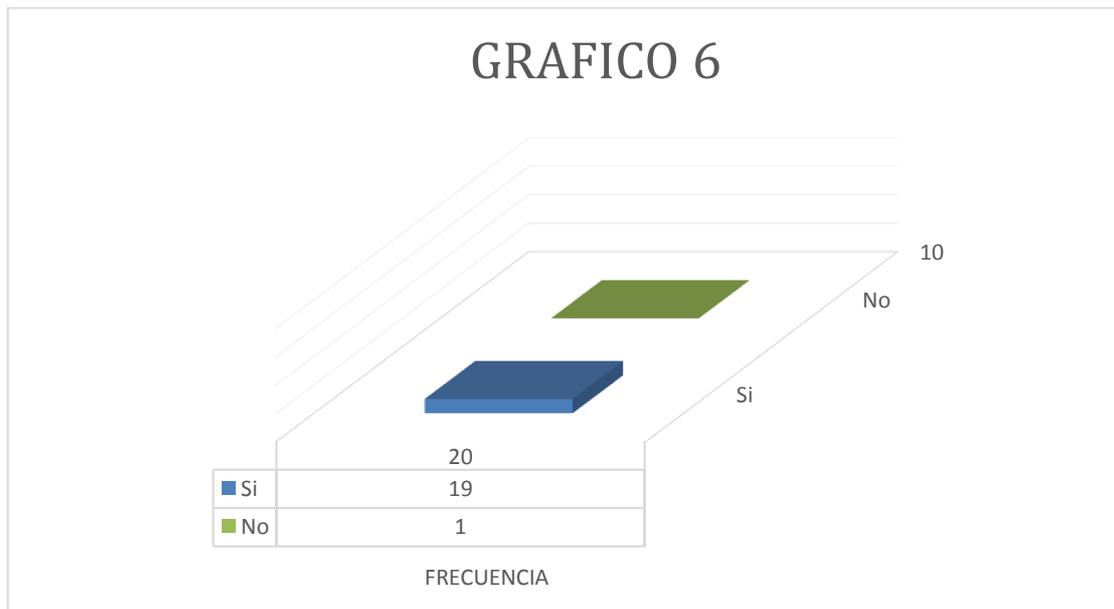
6.- ¿Se siente seguro con el sistema de protección de puesta a Tierra instalados por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.?

Tabla # 6

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	19	95%
B	No	1	5%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

GRAFICO #6



Análisis e interpretación

Con la finalidad de conocer si el cliente se siente seguro con el sistema de protección de puesta a Tierra instalados por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda, se obtuvo el siguiente resultado: 19 clientes que representan el 95% de la población manifestaron que SI, mientras 1 cliente que representan el 5% manifestó que No, por lo que se puede deducir que la mayoría de los clientes se sienten satisfecho con el servicio recibido.

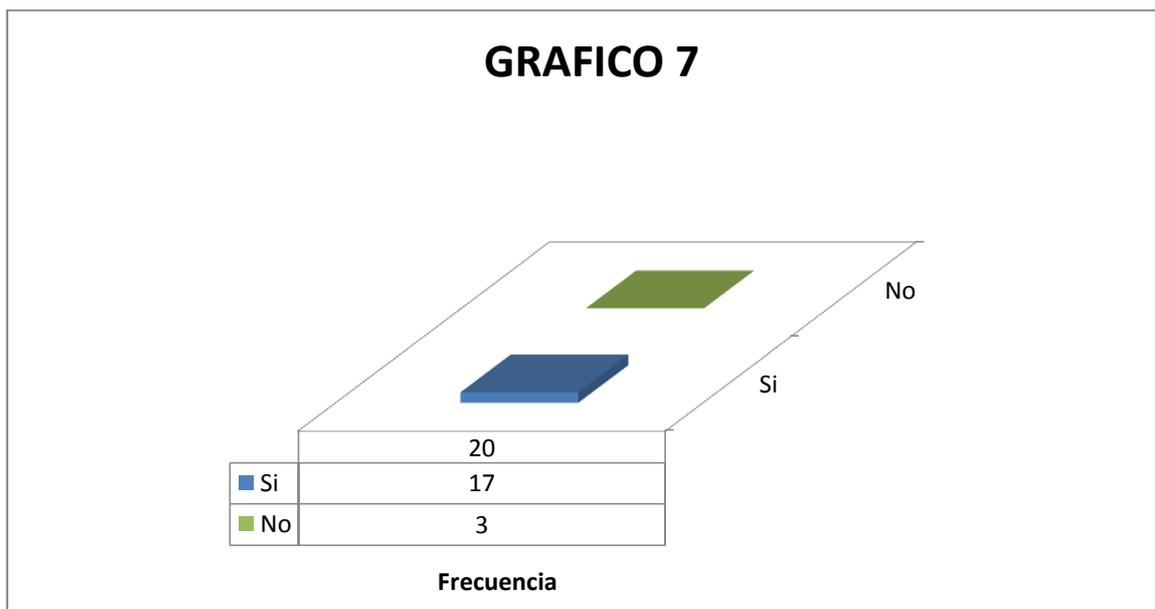
7. ¿El sistema de puesta a tierra en la Torres de Telecomunicaciones, se encuentra bien diseñado?

Tabla # 7

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	17	85%
B	No	3	15%
	Total	20	100%

Fuente: Cliente Torres de Telecomunicaciones
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 7



Análisis e interpretación

Con el objetivo de conocer si el sistema de puesta a Tierra en la Torre de Telecomunicaciones, se encuentra bien diseñado, se obtuvo el siguiente resultado: 17 clientes encuestados que representan el 85% de la población manifestaron que Si, mientras 3 clientes que representan 15% mencionaron que No, por lo que se puede evidenciar la satisfacción que brinda la empresa con respecto al servicio prestado.

8. ¿Cree usted que el sistema de protección de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicaciones necesita un análisis técnico?

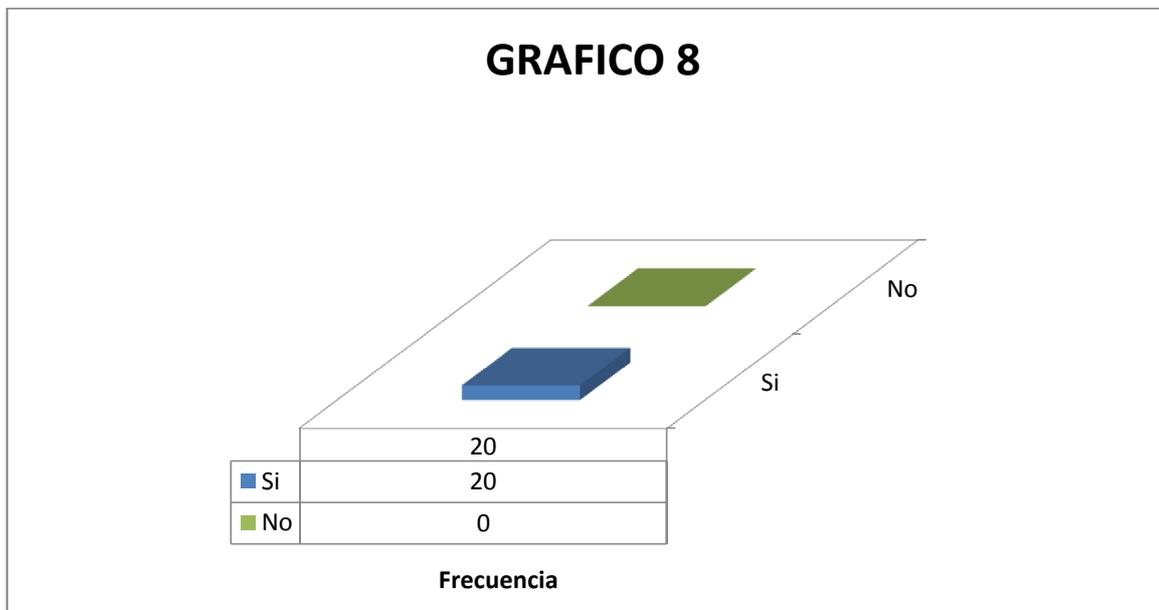
Tabla # 8

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	20	100%
B	No	0	0%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones

Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 8



Análisis e interpretación

Con el propósito de saber si el sistema de puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones necesita un análisis técnico, se obtuvo el siguiente resultado, los 20 clientes que representan el 100% de la población considera que Si, por lo que se puede deducir que se cuenta con la aprobación del cliente para realizar un análisis técnico al sistema de protección de puesta a Tierra.

9.- ¿Cree usted que el análisis del funcionamiento del sistema de puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., disminuye los riesgos de accidentes?

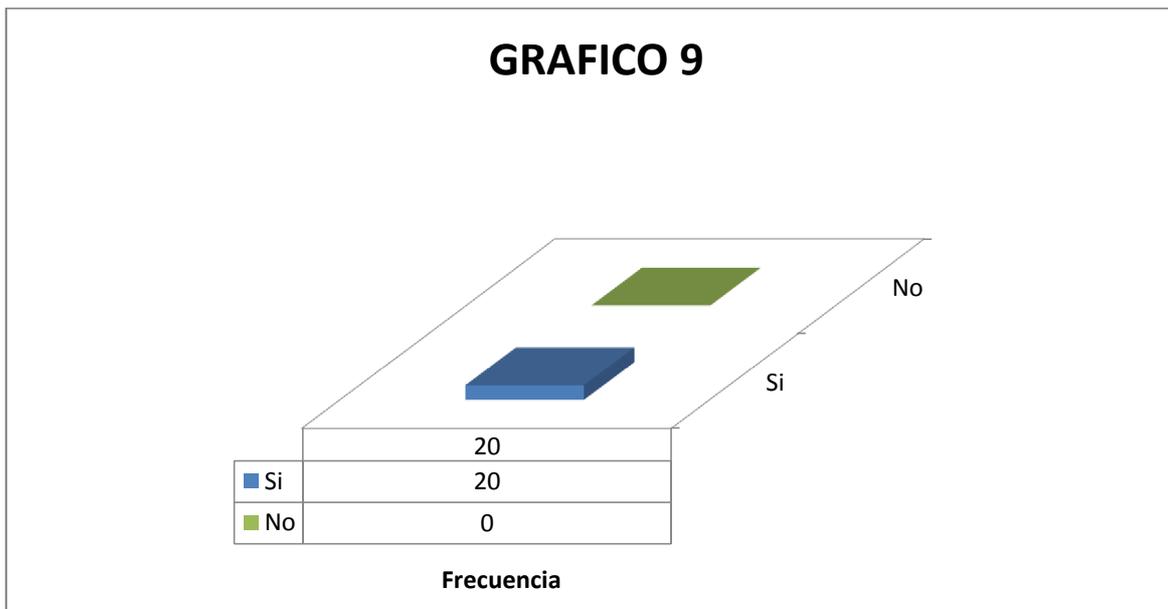
Tabla # 9

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	20	100%
B	No	0	0%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones

Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 9



Análisis e interpretación

Con la finalidad de conocer de conocer si con un análisis del funcionamiento del sistema de puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., se disminuyen los riesgos de accidentes, se obtuvo el siguiente resultado: los 20 clientes que representan el 100% de la población manifestaron que Si, por lo que se considera que la investigación será factible para su realización.

10. ¿Considera usted que realizar un análisis del funcionamiento del sistema de Protección de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicaciones, ayudará a mejorar el funcionamiento del mismo?

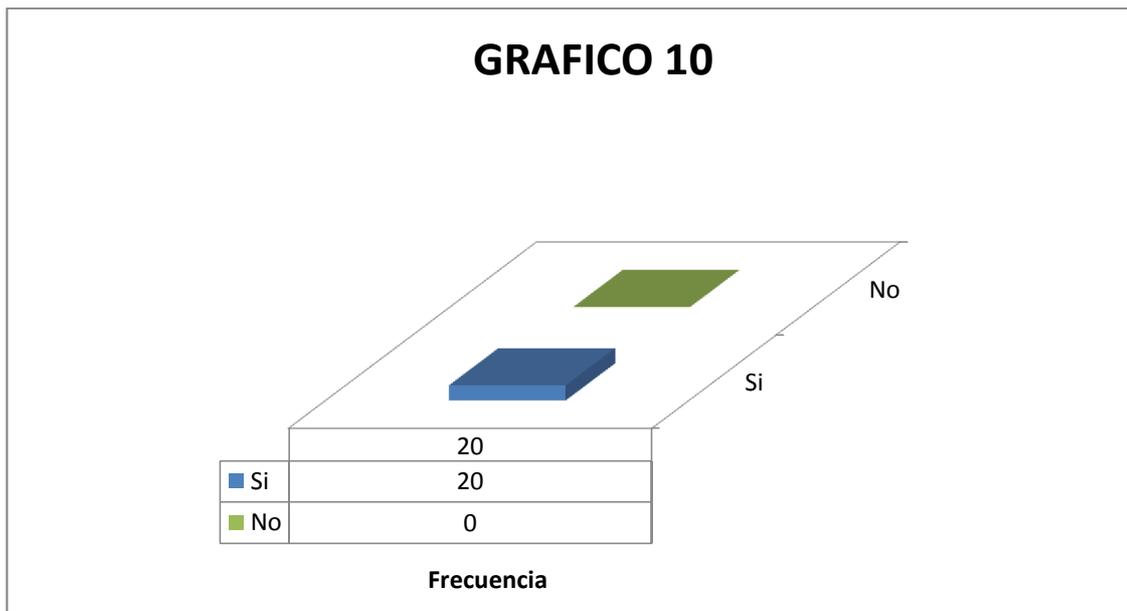
Tabla #10

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	20	100%
B	No	0	0%
	Total	20	100%

Fuente: Clientes Torres de Telecomunicaciones

Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 10



Análisis e interpretación

Con la finalidad de conocer si con un análisis del funcionamiento del sistema de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicaciones, ayudará a mejorar el funcionamiento del mismo; se obtuvo el siguiente resultado; los 20 clientes que representan el 100% de la población mencionaron que Si, por lo que se puede evidenciar que el presente trabajo será factible para su realización.

Indicadores de la Ficha de Observación respecto al sistema de Protección de Puesta a Tierra instalado por la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

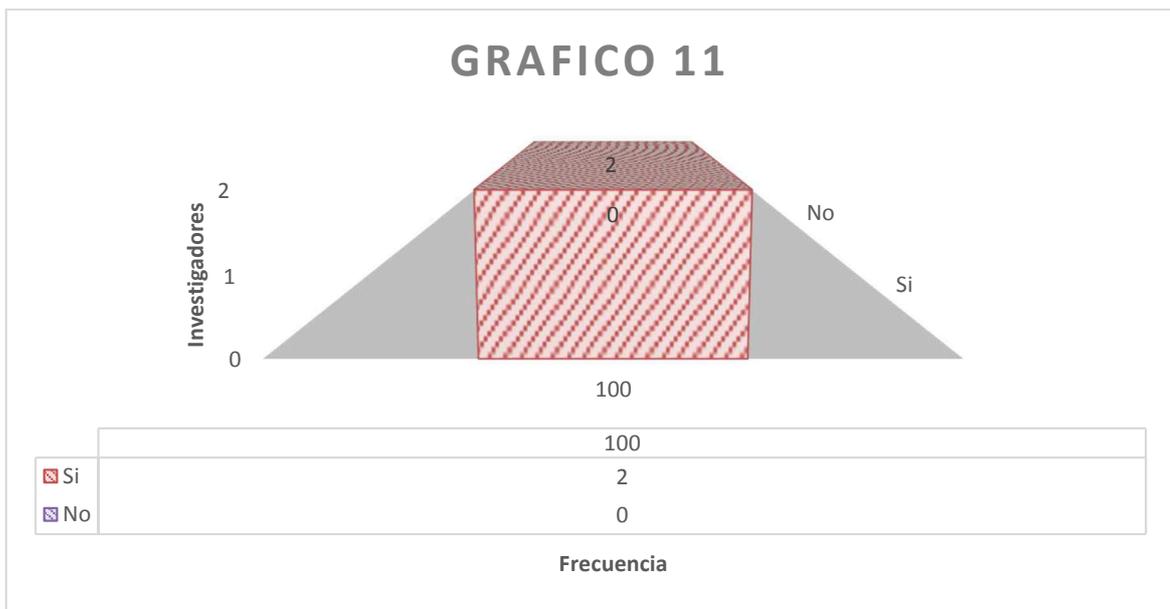
1.- El sistemas eléctrico de las torres de telecomunicaciones, cuenta con un sistema de puesta a tierra?

Tabla # 11

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Si	2	100%
B	No	0	0%
	Total	2	100%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación.
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 11



Análisis e interpretación

Con el objetivo de saber si el sistema eléctrico de la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., posee sistema de protección, se obtuvo el siguiente resultado los dos investigadores que representan el 100% concluyeron que Si, por lo que se puede evidenciar que la torre de Telecomunicaciones si cuenta con sistema de protección.

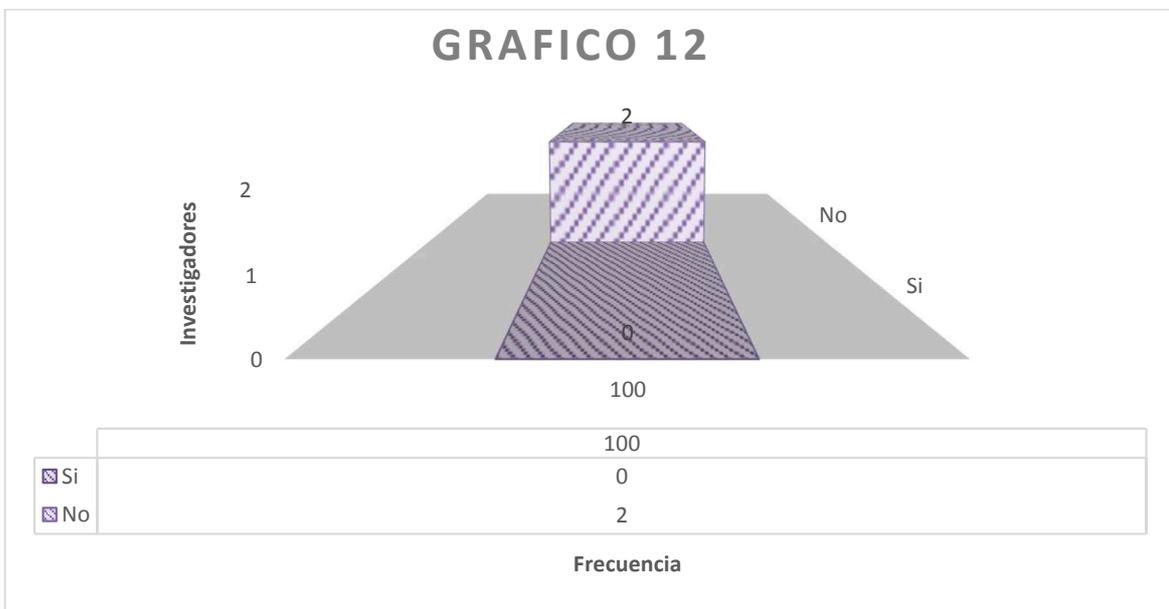
2.- El sistema de protección de puesta a tierra garantiza el buen funcionamiento de las torres de Telecomunicaciones.

Tabla # 12

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	SI	0	0%
B	NO	2	100%
	Total	2	100%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación.
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 12



Análisis e interpretación

Con el objetivo de saber si el sistema de protección de puesta a tierra instalada por la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., garantiza seguridad a los empleados se obtuvo el siguiente resultado, los dos investigadores que representan el 100% concluyeron que No, por lo que se puede evidenciar que el sistema de protección de puesta a Tierra en las torres de telecomunicaciones presenta fallas leves que deben ser atendidas.

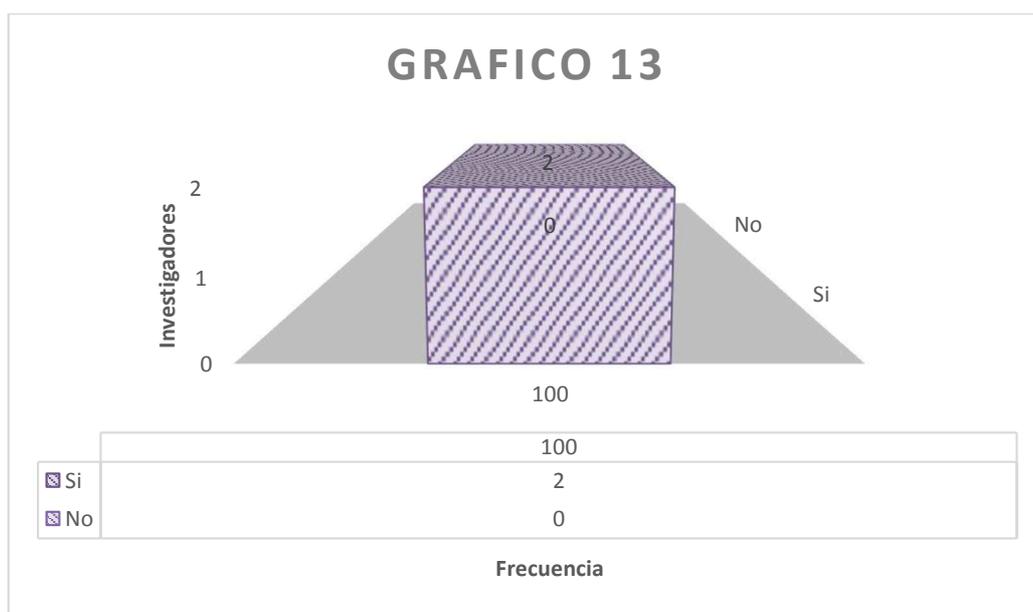
3.- El sistema de protección de puesta a tierra, es instalado por personal capacitado en el área?

Tabla N° 13

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	SI	2	100%
B	NO	0	0%
	Total	2	100%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación.
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 13



Análisis e interpretación

Con el objetivo de saber si el sistema de protección de Puesta a Tierra en la Torre de Telecomunicaciones instaladas por la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., es instalado por personal capacitado se encontró el siguiente resultado, los dos investigadores que representan el 100%, concluyeron que Si, por lo que se puede evidenciar que si es emplean mano de obra certificada para las instalaciones realizadas,

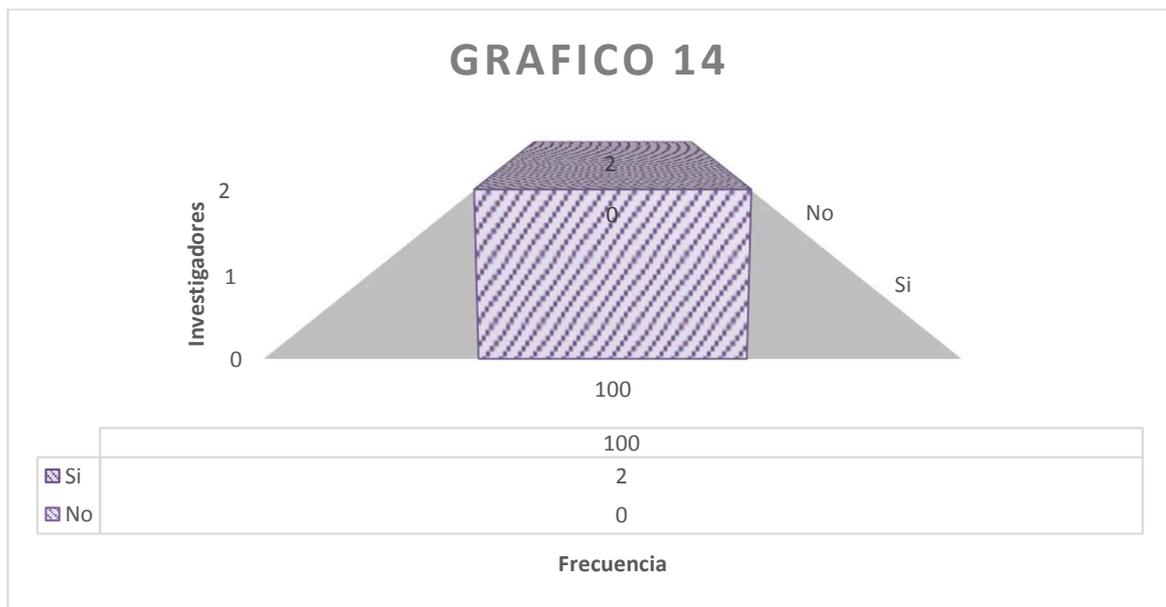
4.- El sistema de protección de puesta a tierra se encuentra bien diseñado.

Tabla No 14

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	SI	0	0%
B	NO	2	100%
	Total	2	100%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación.
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 14



Análisis e interpretación

Con el propósito de saber el sistema de protección de puesta a tierra se encuentra bien diseñado se encontró el siguiente resultado, los dos investigadores que representan el 100% concluyeron que SI, por lo que se deduce que el mal diseño de este sistema de protección podría afectar a los empleados de la empresa.

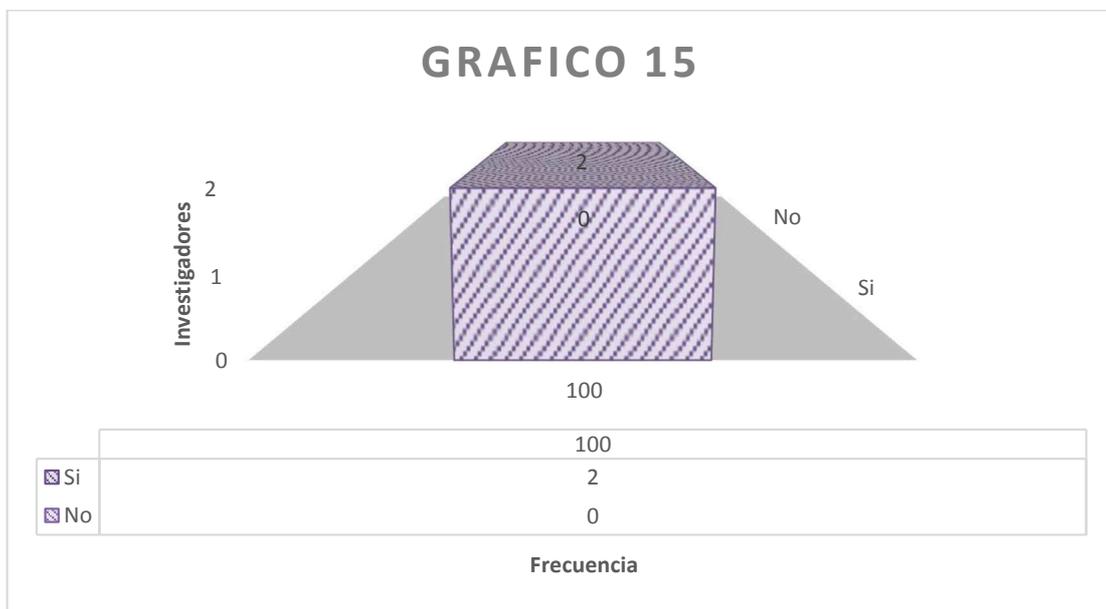
5.- El sistema de protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones cumple con las expectativas.

Tabla No 15

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	SI	2	100%
B	NO	0	0%
	Total	2	100%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación.
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 15



Análisis e interpretación

Con el objetivo de conocer si el sistema de protección de puesta a Tierra en la Torre de Telecomunicaciones, cumple con las expectativas para los clientes se obtuvo el siguiente resultado, los dos investigadores que representan el 100% de la población mencionaron que Si, por lo que se puede evidenciar que el sistema de protección de puesta a Tierra en la Torre de Telecomunicaciones instalada por de la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda Si cumple con las características antes deseadas

6.- Se han producido accidentes por el mal funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra.

Tabla No 16

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	SI	0	0,00%
B	NO	2	100,00
	Total	2	100,00%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación..
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 16



Análisis e interpretación

Con el propósito de saber si se han presentado accidentes a causa del mal funcionamiento del sistema de protección de puesta a Tierra, se obtuvo el siguiente resultado, los dos investigadores concluyeron que Si, por lo que se puede evidenciar que el sistema de puesta a Tierra no se encuentra funcionando bien por lo que podría ocasionar accidentes graves a los empleados de la Empresa.

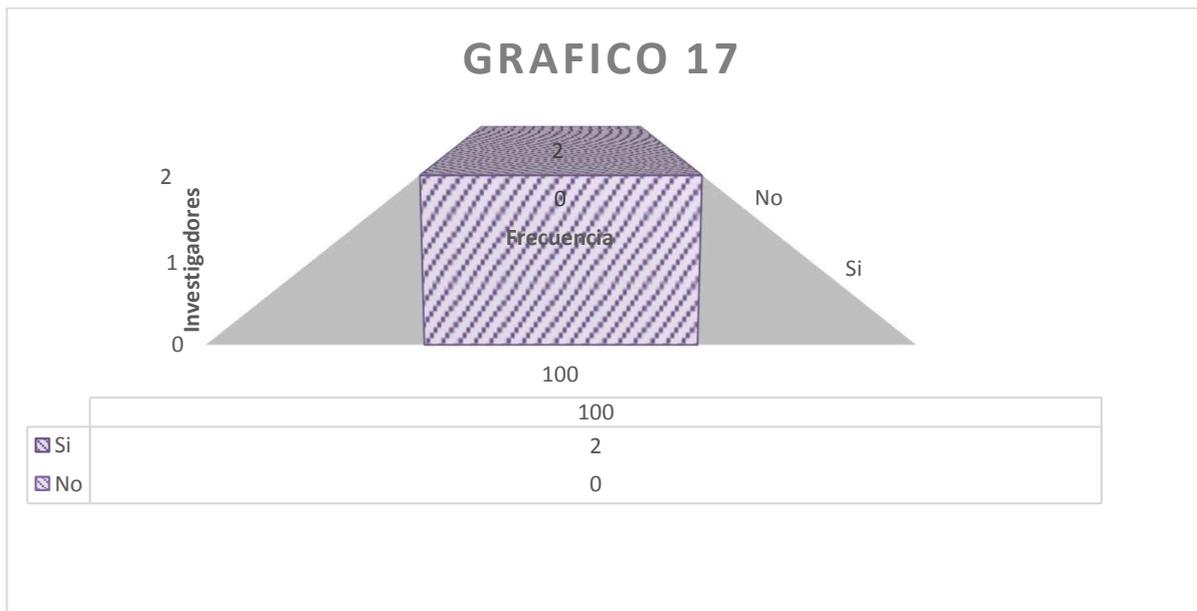
7.- El sistema de protección de puesta a Tierra, necesita de un análisis técnico.

Tabla N° 17

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	SI	2	0%
B	NO	0	100%
	Total	2	100%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación.
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 17



Análisis e interpretación

Con el objetivo de saber si el sistema de protección de puesta a Tierra en la torre de telecomunicaciones instaladas por la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda., necesita de un análisis técnico, se obtuvo el siguiente resultado; los dos investigadores que representan el 100% de la población concluyeron que Si, por lo que se puede evidenciar que la investigación será factible para su realización.

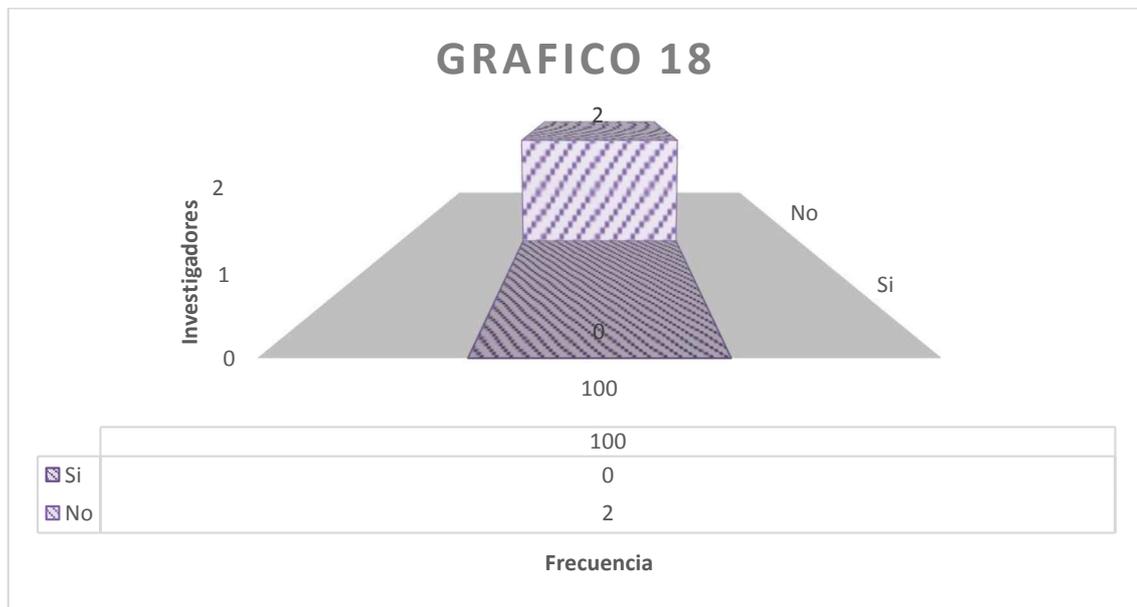
8.- Se han generado desperfectos a causa de causa del mal funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra.

Tabla N° 18

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	SI	0	0%
B	NO	2	100%
	Total	2	100%

Fuente: Sistema de Protección en las Torres de Telecomunicación.
Elaboración: Intriago Miranda José Luis y Zambrano Mendoza Hitter Valente

Gráfico # 18



Análisis e interpretación

Con el objetivo de saber si Se han generado desperfectos a causa de causa del mal funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra en la Empresa Sistelvycom se obtuvo el siguiente resultado los dos investigadores concluyeron que No, por lo que se deducir que el sistema de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones está funcionando regularmente, aunque existen ciertos fallos.

CAPÍTULO III

ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCION DE PUESTA A TIERRA EN LAS TORRES DE TELECOMUNICACIONES INSTALADA POR LA EMPRESA SISTELVYCOM CÍA. LTDA.

CAPITULO III: ANALISIS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN LAS TORRES DE TELECOMUNICACIÓN INSTALADAS POR LA EMPRESA SISTELVYCOM. S.A

3.1 Introducción

En el siguiente capítulo se describe las principales características del sistema eléctrico de la Empresa Sistelvycóm. Cía. Ltda de la Provincia de Pichincha, Ciudad de Quito, donde se recopila lo siguiente:

- Datos eléctricos
- Área de Transformadores, ubicación.
- Inspección visual del sistema
- Pruebas de medición.
- Medición de impedancias y resistencias

PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS ELECTRICOS

- Planos del sistema a tierra disponible
- Datos del sistema de Puesta a Tierra.
- Tipo de puesta a tierra del neutro.
- Nivel de Cortocircuito
- Protecciones eléctricas
- Sistemas derivados
- Alambrado puesta a tierra existente.

3.2 Área utilizada en cuarto de transformadores

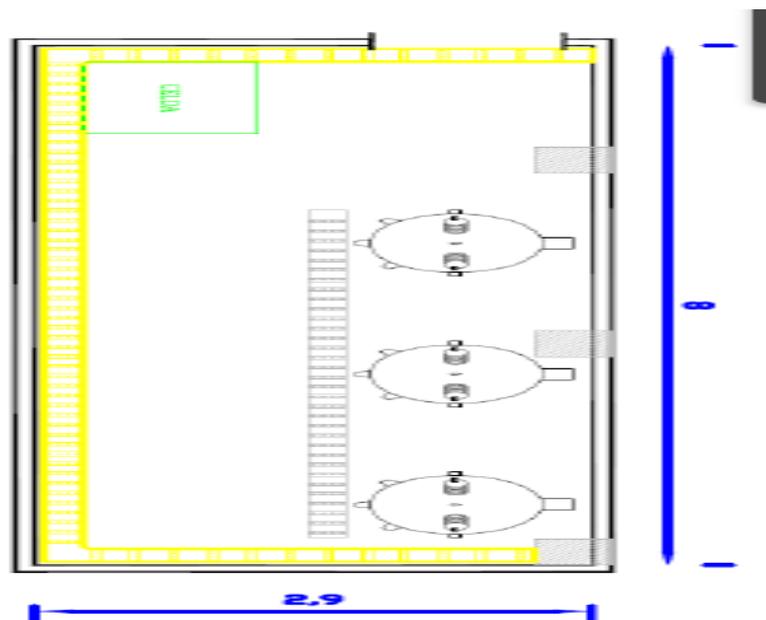


Figura 17: Plano vista superior cuarto de transformadores

3.3 Transformadores de Distribución

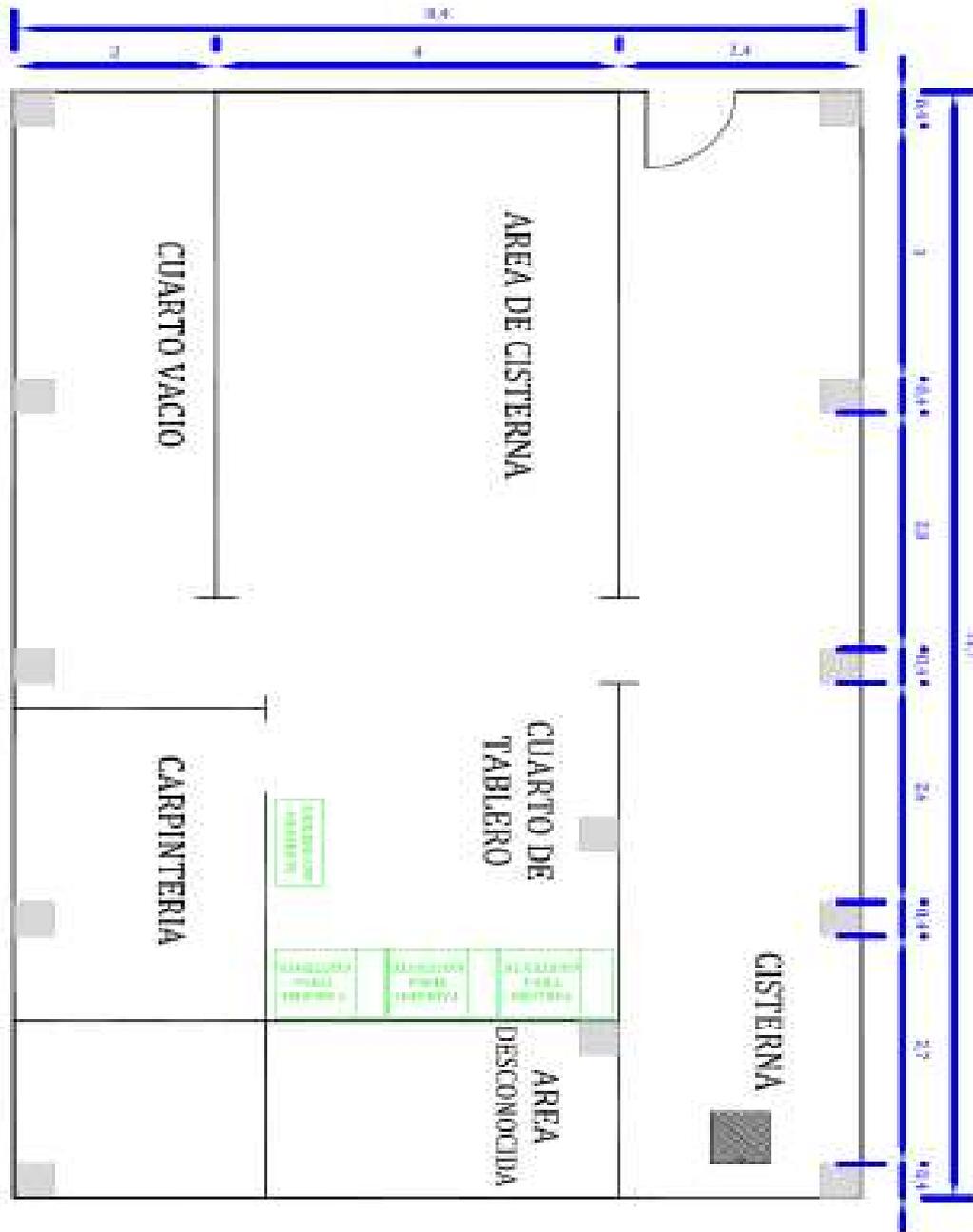
Ubicada en un área de 28m² ubicada en la Calle José Javanen Nro. N4-405 18 de Mayo, Conocoto, Quito, Pichincha, se encontró tres transformadores monofásicos de distribución dos de 167 KVA y un tercero de 250 KVA dando un total de 584 KVA.

La conexión del transformador del lado de alta tensión es estrella y baja tensión es de delta.



Figura 18: Plano vista superior cuarto de transformadores

3.4 Vista Superior del Área total Inspeccionada.



3.5 Características, placas, conexiones de los Transformadores.

Transformador con bobinas sumergibles en aceite

7620 / 13200Y -120/240V Frecuencia 60Hz

Polaridad Aditiva

65C. continuos

3.6 Tablero de distribución Principal

El tablero de distribución principal consta de un Breaker 3P-1600 Amp regulable 900-1600Amp., marca Siemens, este alimenta a sus derivaciones, dentro del tablero se encuentran tres medidores para tres diferentes cargas.

Dos de clase 20 trifásico y uno de clase 200 trifásico.

Cabe indicar que este tablero de distribución principal alimenta toda la carga general.

Dentro del levantamiento se determinó las siguientes novedades:

- Tapas, puertas, cerraduras del tablero en mal estado.
- Impurezas en el tablero
- Falta de rótulos de seguridad en el interior y exterior del tablero.
- Ventilación en el sitio.
- Bandejas porta cables que transportan a los conductores de fuerza desoldadas algunos puntos debido al tiempo y a la falta de mantenimiento del lugar.



Figura 19: Tableros de Distribución Principal

3.7 Puesta a Tierra y Neutros del Tablero Principal

Los conductores Tierra y Neutro están conectados a dos barras diferentes lo cual no están conectados a ningún punto referencial, es decir que son puntos flotantes. Los equipos de la Empresa Sistelvycm. Cía. Ltda, están conectados referencialmente en este punto lo cual no garantiza la seguridad de los equipos.



Figura 20: Neutros y Tierras del tablero de distribución principal

3.8 Banco de condensadores:

Del lado frontal del tablero principal se localiza el el tablero de coreccion de factor de potencia de 6 pasos 60 KVAR A 220V, que se encuentran fuera de servicio.

- ✓ Breaker principal 3P-225 Amp en estado inactivo.
- ✓ Breakers 3P-100 Amp Sobre puesto GE en estado inactivo
- ✓ Conectores 80 Ampr bobina 220V
- ✓ Cables desconctados en los condensadores de 10 KVAR a 230Volt.
- ✓ Automatico de 6 pasos en mal estado.

✓ El tablero de condensadores se encuentra deshabilitado.

3.9 Estado actual del banco de condensadores

El banco de condensadores se encuentra inhabilitado debido a un corto circuito un uno de sus condensadores, motivo por el cual los encargados de mantenimiento decidieron desconectarlo.



Figura 21: Tablero de condensadores deshabilitado

3.10 Mediciones Elaboradas con la Cámara Termo gráfica

La serie Ti20 de Fluke representa un enorme avance en la termografía no solo por lo avanzado de su tecnología sino por situarse al alcance de casi cualquier bolsillo. Diseñados para aplicaciones industriales, la serie Ti 20 pone las ventajas y versatilidad de la termografía al alcance de los profesionales de servicio y mantenimiento técnico, que son los que mejor conocen el equipo y las instalaciones industriales.

En el área de transformadores a 2.5 m sobre el nivel del suelo se realizó las mediciones de termografías en los tres transformadores en donde se puede encontrar los posibles puntos calientes.



Figura 22: Toma Termografías del banco de transformadores

Las mediciones realizadas se las tomo a una distancia entre 2.8 y 3 mt con respecto a los transformadores.

Estas mediciones fueron factibles con la cámara termo graficas TI 20 marca Fluke. Este procedimiento se lo realizó con el objetivo de monitorear posibles puntos calientes dentro del sistema eléctrico de fuerza de la casa Empresa.

3.11 Temperatura tomada en transformadores y tableros de Empresa Sistelvycom. Cía. Ltda.

En el área de transformadores se encontraron las siguientes novedades:

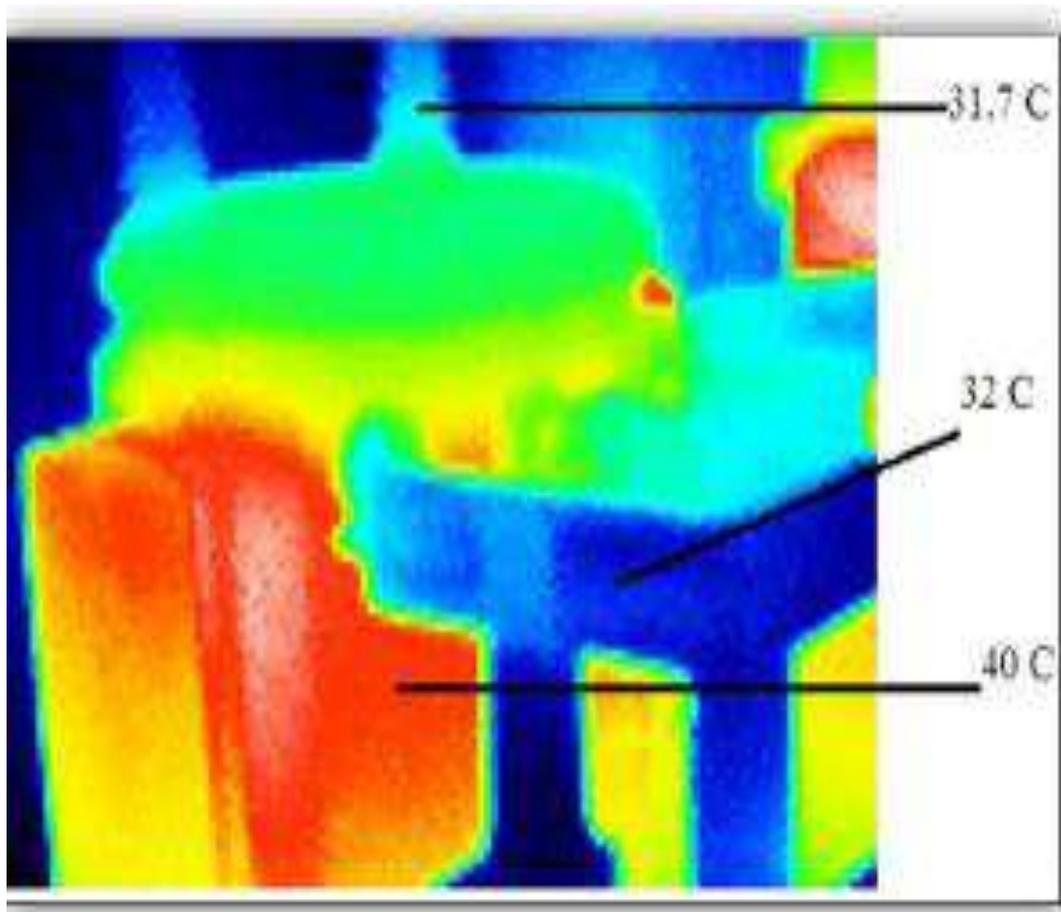


Figura 23: Análisis termo gráficos en los transformadores

En el tablero principal se encontró una línea con una ligera recarga con una línea del breaker principal 3P-100 Amp

L1: Temperatura de 42C.

L2: Temperatura de 33C.

L3: Temperatura de 32C.

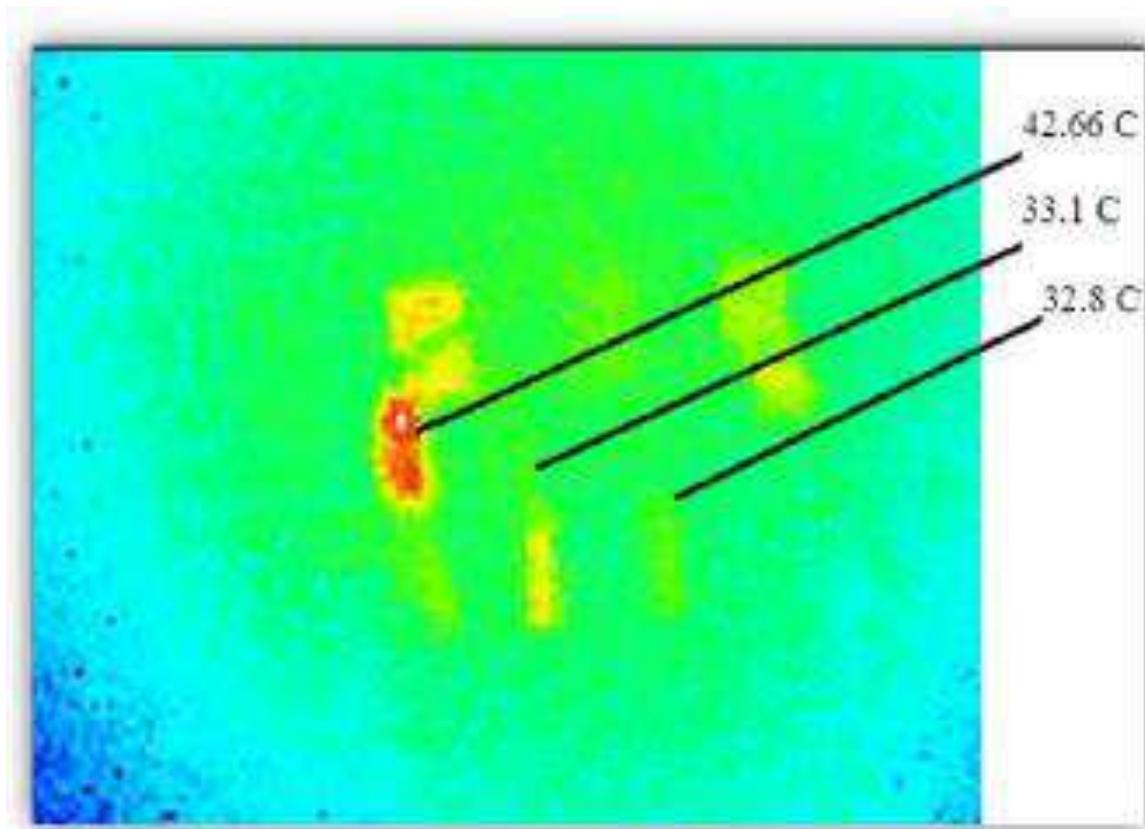


Figura 24: Resultados obtenidos en el análisis termo gráficos por fase en la salida del breaker principal

3.12 Puesta a Tierra del lado de Media Tensión

Una vez realizado la inspección en el tablero de distribución, se pudo determinar que no se encuentra algún tipo de tierra en el tablero. Encontrándose solamente varillas a tierra en el lado de alta tensión del transformador con dos electrodos copperway lo cual sus conductores 4/0 viajan a través de tuberías metálicas de 3/4” uno electrodo es para la línea de fuerza del transformador y la segunda para cable apantallado.

3.13 Equipos y Normas de Seguridad.

El equipo utilizado fue el Fluke 1625, este instrumento sirve para realizar mediciones según las normas IEC1024, ENV61024, DIN VDE 0185 Y OVE 49. Este dispositivo de medición solo debe operarlo e instalarlo personal calificado y de acuerdo con los datos técnicos, de conformidad con las precauciones de seguridad y normas. Además el uso de este equipo requiere la conformidad con todas las normas legales y de seguridad de cada norma específica.



Figura 24: Lugar de ubicación de la varilla a tierra



Figura 25: Actual sistema de puesta a Tierra

El terreno en donde se encuentran enterradas estos electrodos es húmedo y fangoso las cuales tuvo las siguientes medidas de resistividad.

Resistencia medida en varilla 1 = 21.7 Cable 8

Resistencia medida en varilla 2 = 21.9 Cable 4/0

Esto quiere decir que la resistividad actual no es buena.



Figura 26: Método para toma de datos

Lectura obtenida en los electrodos existentes en el sistema de puesta a Tierra de la Empresa Sistelvcom Cía Ltda

Resistividad del Terreno

Cable desnudo #40 + varilla cooperweld 5/8	21.7 ohmios
Cable desnudo #8+ varilla cooperweld 5/8	21.9 ohmios



Figura 27: Lecturas de resistencias a Tierra

3.14 Problemáticas generales

Producto de las inspecciones realizadas, fue posible detectar varias problemáticas presentes de forma general en las instalaciones de puesta a tierra del edificio. Dichas problemáticas son:

- Las conexiones de puesta a tierra en las barras de tierra tanto las principales como las derivadas no presentan ningún tipo de ordenamiento, no se respetan las configuraciones PANI, tal y como se indica en las siguientes imágenes.



Figura 28: Barra de tierra principal



Figura 29: Barra de tierra

- No se utilizan terminales apropiadas para la conexión de conductores a las barras. Se utilizan conectores de un solo ojo conocidos como conectores tipo “silla”. Los cuales tienden a aflojarse con el tiempo.

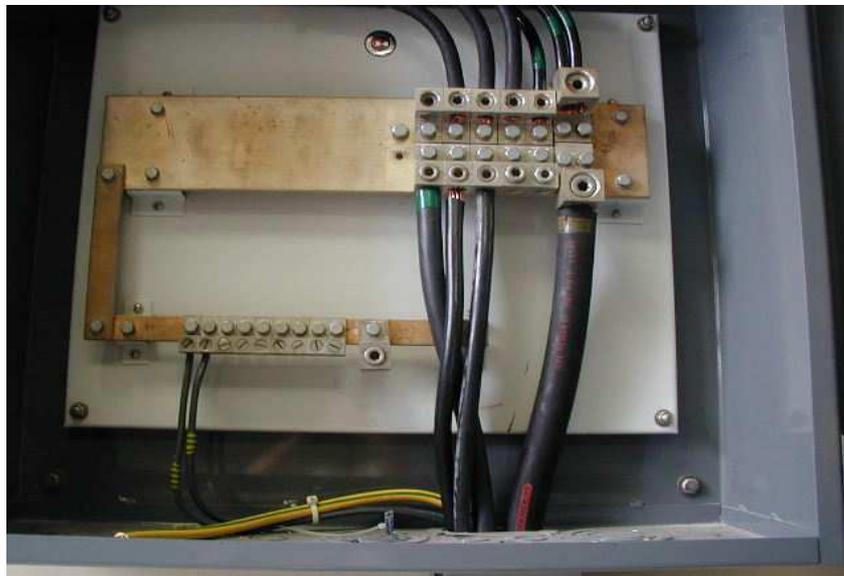


Figura 30: Barra de tierra

- Se utilizan conductores flexibles con terminales tipo silla. El problema no es el hecho de utilizar conductores flexibles, es el utilizarlo con terminales que se fijan al conductor con un perno y no por compresión. Ejemplo de esto se muestra en la siguiente imagen de la barra de tierra de la Subestación del Sótano.



Figura 31: Barra de tierra principal en la Empresa

- No se respetan los radios de curvatura mínimo para los conductores de tierra. Uno de los casos más críticos es la barra principal del cuarto piso en la que la mayoría de los conductores violan sus respectivos radios de curvatura.



Figura 32: Barra de tierra principal del tercer piso

3.15 Galerías de cables

En ésta sala también se detectaron problemas con los radios de curvatura en las barras y un gran deterioro por oxidación en las estructuras y conductores producto del alto nivel de humedad de la sala. Por tal motivo se sugiere instalar nuevas barras de tierra e instalar nuevamente los conductores considerando lo mencionado anteriormente.

3.16 Salas de baterías

No se encontró ningún sistema de aterrizamiento para los bancos de baterías de las centrales Digital 1, Digital 2 y Digital 3. Por lo que se recomienda la instalación de barras de tierra en ambas salas para aterrizar los bastidores de las baterías con conductores debidamente rotulados y con terminales planas de doble ojo en ambos extremos.

3.17 Sala de fuerza

Al igual que en la mayoría de las instalaciones se detectaron problemas con los radios de curvatura de los conductores de tierra y a su vez están conectados a las barras de forma desordenada y con terminales inadecuadas. Además algunos bastidores no se encuentran aterrizados como el del banco de baterías y otros se aterrizan con conductores de aluminio desnudos.

Por tal motivo se sugiere la instalación de nuevas barras y conductores de puesta a tierra de forma ordenada, con terminales planas de dobles y rotulados en ambos extremos. Respetando los radios de curvatura mínimos para los conductores.

3.18 Consideraciones para una propuesta

En la barra de tierra ubicada detrás de la empresa, no se pudieron identificarse los conductores conectados en las posiciones 6, 7, 11, 12, 13, 16, 17, 18 y 19

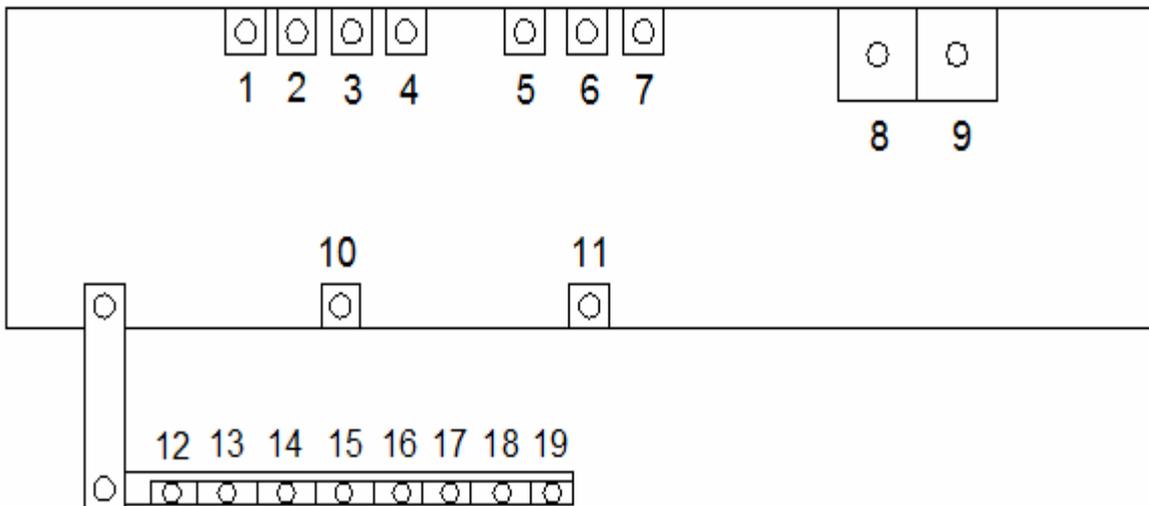


Figura 33: Barra de tierra detrás de la subestación en sala de fuerza.

CONCLUSIONES

- El valor medido de la resistividad del terreno se ve afectado por las condiciones del terreno, del medio ambiente o temperatura principalmente de la estacionalidad del año.
- Es importante realizar un estudio de la resistividad del terreno a que de ello depende para obtener la resistencia de puesta a tierra requerida.
- Las mallas de puesta a tierra requieren de grandes áreas de terreno para obtener valores bajo de resistencia. Se necesita colocar sobre la malla una capa superficial de 30 cm de profundidad
- Se realizó un análisis general del área y del cubrimiento de la malla del sistema de protección de puesta a tierra en la Torre de Telecomunicaciones instaladas por la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

RECOMENDACIONES

- En caso de que el valor de resistencia calculado no sea el esperado, se recomienda utilizar mejoradores de suelo como tierra de sembrado.
- Utilizar guantes de cuero para agarrar los moldes después de realizar la conexión exotérmica, como estos son de grafitos no se enfrían rápidamente.
- Reemplazar los equipos de medición análogos por equipos digitales para obtener un error menos significativo tener menos inconvenientes en las mediciones de resistividad.
- La inspección, conservación y renovación de la puesta a tierra debe realizarse periódicamente, con el objetivo de controlar el valor de la resistencia de puesta a tierra, para ello no solo basta la medición de la resistencia sino también verificar el estado de los electrodos y uniones.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.

- Arribas, L. García, M. (1999) Energía Solar Fotovoltaica y cooperación al desarrollo, IEPALA Editorial, ISBN 8489743088, 978889743083.
- Balcells, J., Autonell, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., García, B., Ros, J., Sierra, J., (2011). Eficiencia en el USO de la Energía Eléctrica.
- Basantes, M (2008), Diseño de la Red de distribución eléctrica del Barrio “La Garzota”, Parroquia Chillogallo, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Cortes, M., (1994), La máquina eléctrica en general, Reverte ISBN 8471460211, 97884714602219.
- Enríquez, G (1999), El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica, México, Editorial. Limusa.
- Enríquez, G. (2009), Tecnologías de generación de energía eléctrica, Camión Escolar, ISBN 60705059921, 9786070505928.
- Enríquez, G. (2000), Manual Práctico de Acumuladores, Limusa Editorial, ISBN 60705059921, 9786070505928.
- Equinoccio, (2008), Proyecto del sistema de distribución eléctrico. Procesamiento e interpretación, ISBN 9802372242, 9789802372249.
- Fernández, M. (2010), Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica, Editorial Líber Factory, ISBN 8499490816, 9788499490816.
- Fournier, L., (1983) Recursos Naturales, EUNED, ISBN 9977640181, 9789977640181
- García, J. Morales, G. (2012), Instalaciones de radiocomunicaciones, Editorial Paraninfo, ISBN 8497320786, 9788497320788.
- Herranz, G., (1980), Convertidores electromecánicos de energía, Marcombo, ISBN 842670400X, 9788426704009.

- Harper E., (2002), Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, Editorial Limusa, ISBN 9681861523, 9789681861520.
- Jáuregui, E., (2014), Recepción y distribución de señales de radiodifusión ELES0108, IC Editorial, ISBN 8416207399, 9788416207398
- Montecelos, J., (2015), Subestaciones Eléctricas, Ediciones Paraninfo S.A., ISBN 8428337179,9788428337175
- Marcombo (1972), Transformadores de potencia, de medida y de protección, textos monográficos de electrotecnia, ISBN 8483017164, 9788428337175.
- Mujal, R., (2003) Tecnología eléctrica, Universidad Politécnica de Catalunya, ISBN 8483017164, 9788483017166
- Ramírez. J., (2004), Redes de Distribución de energía, Universidad Nacional de Colombia (Manizales), ISBN 9589322876, 9789589322864
- Reverte (2001), Transformadores de distribución: teoría, calculo, construcción y pruebas, ISBN 9686708480, 9789686708486
- Rivier, J., (2000), Calidad del servicio: regulación y optimización de inversiones, Universidad Pontifica Comillas, ISBN 8489708886, 9788489708884.
- Rodríguez, D. (2009), Energía: sus perspectivas, conversión y utilización en Colombia, Universidad Nacional de Colombia, TM Editors e Impresores.
- Sanz y Toledo (2007), Instalaciones Eléctricas de enlace y centros de transformación, Editorial Paraninfo, ISBN 8497326628, 9788497326629
- Valderrama, J. (1999), Información Tecnológica, Centro de Información Tecnológica, ISSN 0716-8756.

ANEXOS



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

FORMULARIO DE ENTREVISTA

Dirigida a: Clientes de la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Objetivo: Analizar el funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones instalada por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.

Instrucciones: Mucho agradeceremos se sirva responder con sinceridad marcando con una X dentro del paréntesis de la alternativa de su elección.

DATOS INFORMATIVOS:

Lugar y fecha:.....

Ubicación: Rural () Urbana () Urbana marginal ()

Barrio/Recinto: Parroquia:

Cantón:.....

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS

1. ¿La empresa que Sistelvycom Cía. Ltda., brinda un buen servicio en instalaciones de sistema de puesta a tierra? ()

a. Si ()

b. No

2. Está satisfecho con la calidad del servicio del sistema de puesta a tierra instalado por la empresa Sistelvycom. Cía. Ltda?

a. Si ()

b. No ()

3. ¿Se han presentado fallas ocasionales en el servicio de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicación?

a. Si ()

b. No ()

4. ¿Se han generado desperfectos en los aparatos eléctricos a causa del funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra instalado por la Empresa Sistelvycom. Cía. Ltda.? ()

a. Si ()

b. No

5. ¿Han ocurrido accidentes que pongan en riesgo la integridad humana, a causa del funcionamiento del sistema a puesta de tierra?

c. Si ()

d. No ()

6. ¿Se siente seguro con el sistema de protección de puesta a Tierra instalados por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.?

a. Si ()

b. No ()

7. ¿El sistema de puesta a tierra en la Torres de Telecomunicaciones, se encuentra bien diseñado? ()

a. Si ()

b. No

8. ¿Cree usted que el sistema de protección de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicaciones necesita un análisis técnico?

a. Si ()

b. No ()

9. ¿Cree usted que el análisis del funcionamiento del sistema de puesta a Tierra en las Torres de Telecomunicaciones instaladas por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda., disminuye los riesgos de accidentes?

a. Si ()

b. No ()

10. ¿Considera usted que realizar un análisis del funcionamiento del sistema de Protección de puesta a tierra en las Torres de Telecomunicaciones, ayudará a mejorar el funcionamiento del mismo?

a. Si ()

b. No ()

Gracias por su aporte y colaboración.

ANEXO N° 2



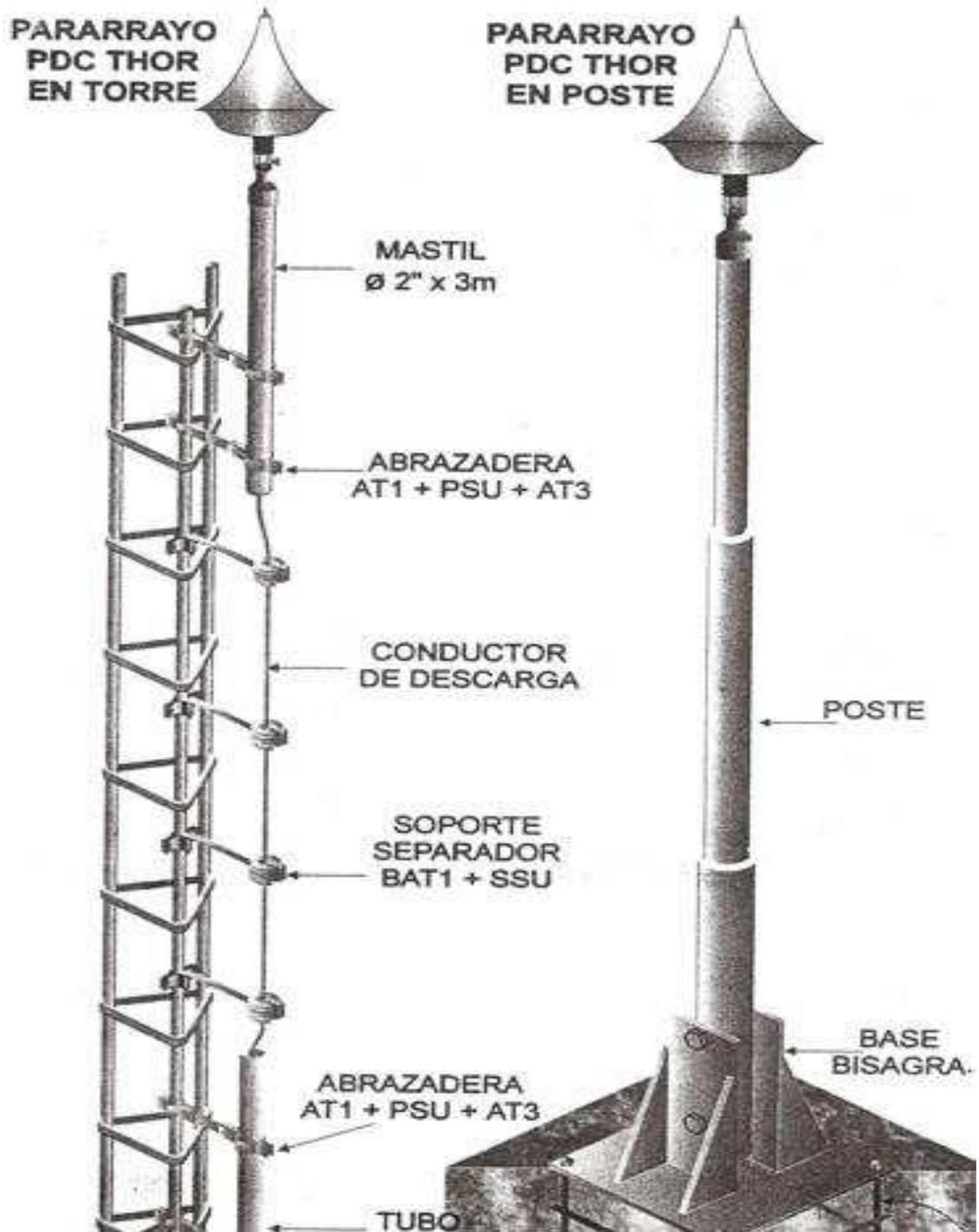
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

OBSERVACIÓN CIENTÍFICA			
Objetivo de la observación	Analizar el funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones instalada por la empresa Sistelvycom Cía. Ltda.		
Investigadores	Intriago Miranda José Luis Zambrano Mendoza Hitter Valente		
Aplicada	En la Empresa Sistelvycom Cía. Ltda.		
Instrucciones	Marque con una X el espacio correspondiente.		
N°	Indicadores Cualitativos/criterios de evaluación.	Frecuencia	
		SI	NO
1.	El sistemas eléctrico de las torres de telecomunicaciones, cuenta con un sistema de puesta a tierra?		
2.	El sistema de protección de puesta a tierra garantiza el buen funcionamiento de las torres de Telecomunicaciones.		
3.	El sistema de protección de puesta a tierra, es instalado por personal capacitado en el área?		
4.	El sistema de protección de puesta a tierra se encuentra bien diseñado.		
5.	El sistema de protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones cumple con las expectativas.		
6.	Se han producido accidentes por el mal funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra.		
7.	El sistema de protección de puesta a Tierra, necesita de un análisis técnico.		
8.	Se han generado desperfectos a causa de causa del mal funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra.		

Fecha de evaluación:

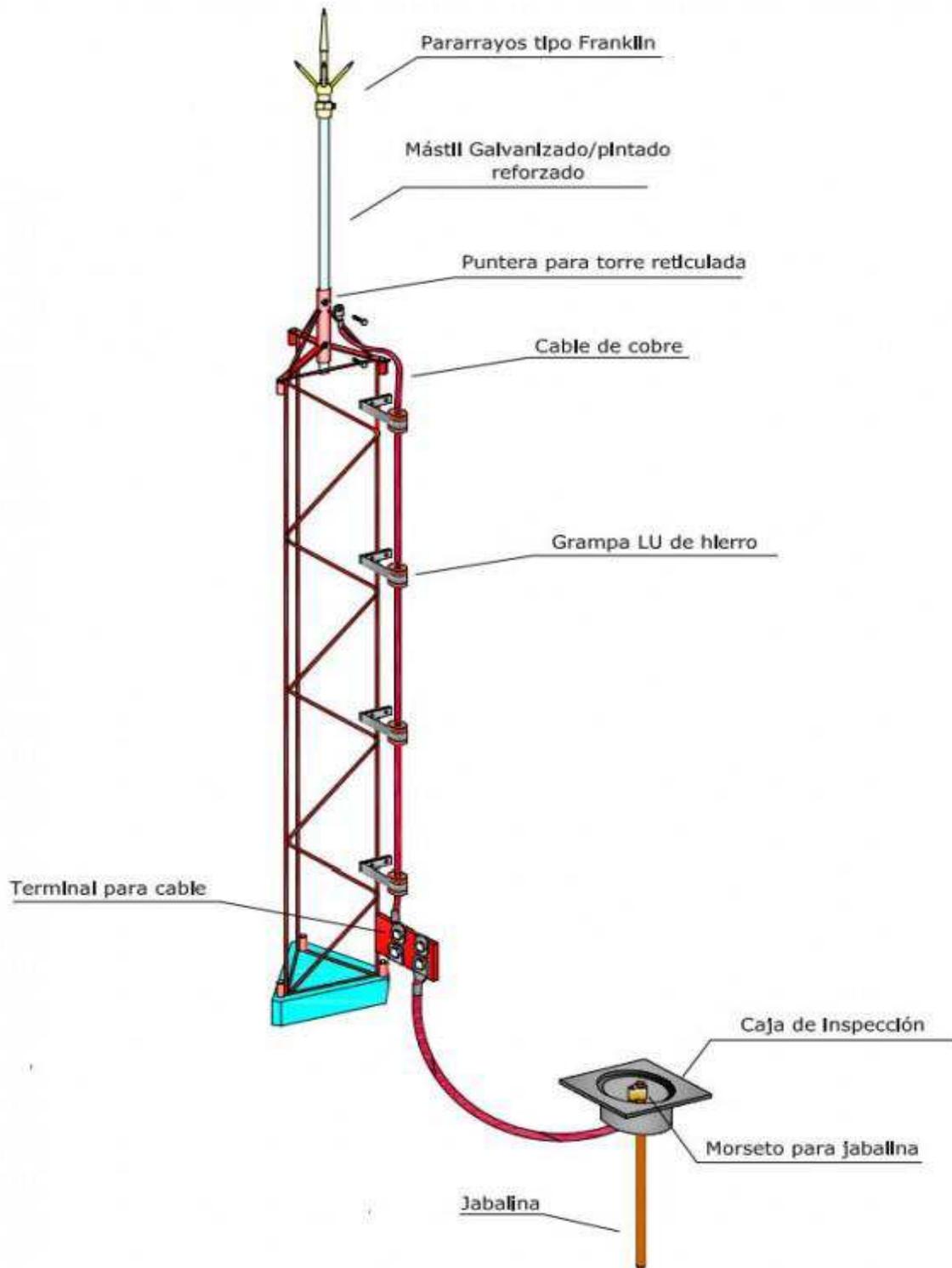
ANEXO N° 3

COMPONENTES DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES



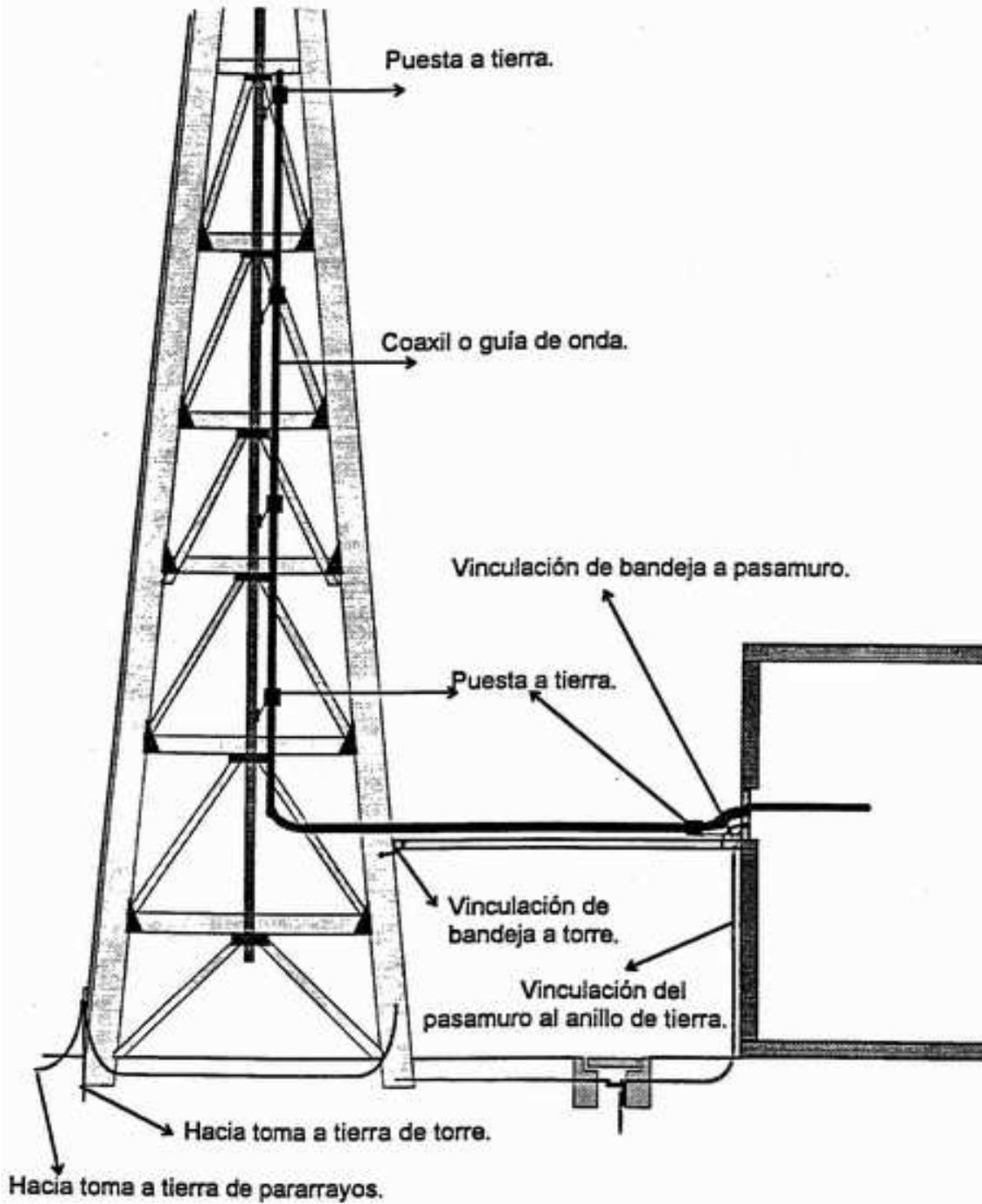
ANEXO N° 4

COMPONENTES DE UNA TORRE DE TELECOMUNICACIONES



ANEXO N° 5

TORRE O MASTIL Y EDIFICIO.



ANEXO N° 6



ESTUDIANTES INVESTIGADORES TOMANDO LECTURA DE PUESTA ATIERRA

