

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**PROBLEMÁTICA EN LAS INSTALACIONES DE LOS
SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN REDES DE
DISTRIBUCIÓN**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

ABEL HERNÁN QUISPE PÉREZ

PROMOCIÓN

2000 - II

LIMA – PERÚ

2008

**PROBLEMÁTICA EN LAS INSTALACIONES DE LOS SISTEMAS
DE PUESTA A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN**

DEDICADO:

A mis padres, que siempre se preocupan por mis estudios, a mi Esposa, a quien agradezco infinitamente por su gran apoyo, y a mis Hijos Abel y Karla, quienes me dan mucha alegría y felicidad.

SUMARIO

El presente Informe, está basado en las experiencias adquiridas durante la participación directa en diferentes supervisiones e intervenciones de Obras de electrificación rural, realizadas por la Dirección ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas, particularmente en los problemas que se presentan durante y después de las instalaciones de Puestas a Tierra en Redes de Distribución en 22,9 kV. En este informe se hace una descripción de los sistemas de Puesta a Tierra empleados en las obras de electrificación rural, luego se analiza la problemática y finalmente se plantea alternativas de solución para optimizar las instalaciones de Puestas a tierra desde el punto de vista de la construcción y mantenimiento, y poder garantizar el buen funcionamiento de nuestro sistema eléctrico, tanto en líneas y redes primarias, redes secundarias y subestaciones, todos puestos a tierra de manera efectiva.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Método de trabajo	2
1.3 Alcances y limitaciones	2
1.4 Estructura del informe	2
CAPÍTULO II: PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA	4
2.1 Descripción de los sistemas de Puesta a tierra y sus diversos problemas	5
2.1.1 Generalidades	5
2.1.2 Alcances previos	5
2.1.3 Tipos de puestas a tierra según su funcionalidad.	5
a) Líneas y redes primarias.	8
b) Subestaciones de distribución	12
c) Redes secundarias	14
2.1.4 Problemática de Puestas a tierra.	16
a) Líneas y redes primarias.	16
b) Subestaciones de distribución	17
c) Redes secundarias	18
2.2 Objetivos a lograrse.	19
2.2.1 Alcances previos	19
2.2.2 Objetivo	19
2.3 Evaluación de las instalaciones de Puesta a Tierra.	21
2.3.1 Generalidades	21
2.3.2 Líneas y redes primarias.	21
2.3.3 Subestaciones de distribución	21
2.3.4 Redes secundarias	22

2.3.5	Resumen	22
2.4	Síntesis de la problemática.	23

CAPÍTULO III: SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 25

3.1	Antecedentes de la problemática de las Puestas a Tierra.	26
3.2	Fundamento teórico de las Puestas a Tierra.	26
3.2.1	Las corrientes telúricas	26
3.2.2	Métodos de medición de puesta a tierra	33
	a) Método de Frank Wenner	34
	b) Método de Schlumberger	34
3.2.3	Tensión de paso y Tensión de toque	35
	a) Tensión de paso	35
	b) Tensión de toque	36
3.3	Definición de términos.	37

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA PARA LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 40

4.1	Alternativas de solución	40
4.2	Procedimiento óptimo para las instalaciones de Puestas a Tierra.	43
4.2.1	Normas y procedimientos a usarse en instalaciones de puesta a tierra	43
	a) Líneas y redes primarias.	43
	b) Subestaciones de distribución	49
	c) Redes secundarias	54
4.2.2	Metodología a seguir para una eficiente instalación de puesta a tierra	59
	a) Líneas y redes primarias.	59
	b) Subestaciones de distribución	61
	c) Redes secundarias	66
4.3	Recursos para la optimización de las Puestas a Tierra.	69

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72

CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73

ANEXOS	75
ANEXO A	76
ANEXO B	79
ANEXO C	80
ANEXO D	82
ANEXO E	84
ANEXO F	86
ANEXO G	95
ANEXO H	96
ANEXO I	105
ANEXO J	108
BIBLIOGRAFÍA	109

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las puestas a tierra juegan un rol muy importante en las instalaciones eléctricas, por lo que debemos hacer que las metodologías y procedimientos para las instalaciones de los diferentes sistemas de puesta a tierra estén de acuerdo a nuestro código nacional de electricidad, de tal manera que se efectúen prácticas correctas de instalación en un sistema de distribución.

Toda la vista panorámica narrada de la ingeniería de puesta a tierra pone en evidencia que se trata de una tecnología nada trivial como a simple vista suele parecer y que, por el contrario, es complicada y difícil de comprender correctamente cuando se le quiere ver a la ligera. No es trivial, ya que sus fundamentos científicos y tecnológicos sustantivos no están muy divulgados, no son comunes, ni tampoco están al alcance de la generalidad. Es complicada, ya que es una tecnología muy enmarañada por estar integrada por un cierto número de elementos pertenecientes a diversas ciencias y tecnologías, es decir, conforma todo un sistema problemático de alto nivel. Consecuentemente, su comprensión y dominio resultan difíciles, y sólo se puede llegar a entenderla claramente a costa de mucho tiempo de estudio, pero también siguiendo una metodología adecuada, es decir, una que esté fundamentada en la ciencia y/o el método científico y no sólo en creencias, en subjetivismos y en técnicas empíricas no comprobadas.

1.1 Objetivo

La finalidad del presente informe es dar a conocer a los profesionales e instituciones del sector eléctrico, los diversos problemas que se dan durante y después del montaje de las instalaciones eléctricas en nuestras redes de distribución, sobre todo en el interior de nuestro país; asimismo plantear alternativas de solución, para que las instituciones competentes puedan uniformizar y reglamentar las instalaciones de las Puestas a Tierra y poder garantizar el buen funcionamiento de nuestro sistema eléctrico, tanto en líneas y

redes primarias, redes secundarias y subestaciones de los sistemas de distribución, todos puestos a tierra de manera efectiva.

1.2 Método de trabajo

En este informe se describe los sistemas de Puesta a tierra empleados en las obras de electrificación rural, tanto en líneas y redes primarias, redes secundarias y subestaciones en 22,9 kV, analizando los diferentes problemas encontrados durante y después de su ejecución, luego en base a los fundamentos teóricos, normas y nuevas tecnologías se plantean alternativas de solución y métodos de procedimientos para que las instalaciones de puesta a tierra sean eficientes desde el punto de vista de la construcción y mantenimiento.

1.3 Alcances y limitaciones

El alcance del presente informe comprende el análisis de la problemática de las instalaciones de puesta a tierra en redes de distribución, específicamente en líneas primarias, redes primarias y redes secundarias de electrificación rural, analizándose las siguientes configuraciones de los sistemas de distribución eléctrica:

Sistemas de distribución en media tensión (líneas y redes primarias):

- Sistema Trifásico 22,9/13,2 kV con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra, ramales monofásicos 13,2 kV con neutro corrido.
- Sistema Trifásico 22,9 kV sin neutro corrido y con ramales bifásicos 22,9 kV.
- Sistema Trifásico 22,9/13,2 kV sin neutro corrido y con ramales monofásicos retorno total por tierra (MRT) 13,2 kV.

Sistemas de distribución en baja tensión (redes secundarias):

- Sistema Trifásico 380/220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.
- Sistema Monofásico 440-220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.

Las limitaciones del presente informe radican en los alcances mencionados, solo se analizarán las problemáticas de las puestas a tierra en sistemas de distribución.

1.4 Estructura del Informe

Capítulo I: En este capítulo se hace una introducción al presente informe, indicándose el objetivo, método de trabajo, alcances y limitaciones, estructura del informe y un reconocimiento a algunas personas e instituciones.

Capítulo II: Se describen los diversos sistemas de puesta a tierra que se observan durante la experiencia de supervisión e intervenciones de obras, haciéndose referencia a las normas y procedimientos de diseños actuales, se mencionan sus típicos problemas, se determinan los objetivos a lograrse, se evalúan las instalaciones de puesta a tierra descritas en base a su problemática y finalmente se indica la síntesis de la problemática.

Capítulo III: Se especifican los antecedentes de la problemática de las puestas a tierra, basándose en los sistemas de puesta a tierra en redes de distribución que se indican en los alcances y limitaciones, luego se redacta la parte teórica que servirá como fundamento para el análisis de la problemática, asimismo para poder entender las diferentes normas y sus aplicaciones en este tema y finalmente se define la terminología a usarse, con la cual se uniformizara el lenguaje o términos a usarse en el presente informe.

Capítulo IV se encuentra la parte más importante de este informe, donde se determinan las alternativas de solución a la problemática de las instalaciones de puesta a tierra, mencionándose los procedimientos de acuerdo a las normas establecidas en las normas técnicas rurales y los criterios del código nacional de electricidad y finalmente se mencionan los recursos para una correcta instalación y optimización de las puestas a tierra.

Adicionalmente se plantean conclusiones y recomendaciones sobre el tema en mención, con las cuales se da por concluido el objetivo de este informe, así mismo se indican los anexos necesarios para poder comprender algunos temas puntuales, y que serán referenciados en su respectivo capítulo; finalmente se indican las referencias bibliográficas, de manera tal que si se requiere profundizar el tema se pueda utilizar el respectivo material bibliográfico.

Se hace un reconocimiento a los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, quienes gracias a sus conocimientos impartidos dan lugar al entendimiento y comprensión de los diferentes temas vinculados al sector eléctrico, a las empresas consultoras que sin su participación no habría sido posible adquirir las experiencias obtenidas, así mismo al Ministerio de energía y minas, en especial a los Ingenieros de la Dirección ejecutiva de proyectos, ya que gracias a ellos tuve la oportunidad de participar en las diferentes supervisiones e intervenciones de obras, y es que gracias a todo ello es que ha sido posible redactar este informe.

CAPÍTULO II

PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Actualmente se instalan diversos tipos de puesta a tierra en las redes de distribución, tanto en las estructuras como en las mismas subestaciones, dependiendo de la función que van a cumplir, el diseño de cada una de ellas observadas en el Proyecto o estudio, difieren de otros, debido a los diferentes criterios usados por las consultoras, pero todas con un solo objetivo. Sin embargo, además de plasmarse las especificaciones técnicas de montaje y suministro en los expedientes de proyecto, los contratistas realizan las instalaciones de puesta a tierra según su propio criterio, aquí es donde cumple un rol sumamente importante el ingeniero supervisor, haciendo respetar el expediente de proyecto y nuestro código nacional de electricidad, basándose en sus amplios conocimientos y experiencia para poder determinar soluciones prácticas a los diferentes problemas que se presenten antes, durante y después del montaje de las puestas a tierra y sus respectivas instalaciones y/o conexiones a las ferreterías y los diversos equipos eléctricos usados en un sistema de distribución.

El tema de la problemática de la puesta a tierra no es nueva, esto se puede apreciar al revisar las documentaciones de congresos y reuniones técnicas de diversa índole desde principios de siglo, así como el cúmulo de papeles técnicos al respecto. Empero, es evidente la escasez de información válida, fundamental y coherente sobre ella, ya que a nivel internacional se pueden encontrar sólo algunos libros que la tratan en tal forma; a pesar de que no es ya una cuestión agotada como se desprende del interés en los congresos contemporáneos. Es por eso que en este informe se trata el tema de las puestas a tierra basándose no solo en libros, si no en experiencias técnicas en las propias obras de electrificación rural.

2.1 Descripción de los sistemas de Puesta a Tierra y sus diversos problemas.

2.1.1 Generalidades

El presente trabajo está basado en las experiencias obtenidas durante las supervisiones e intervenciones de obra, en donde se experimentó las deficiencias en las instalaciones de puesta a tierra tanto en las líneas y redes primarias, redes secundarias y en las propias subestaciones de distribución. Los diversos sistemas de puesta a tierra instalados fueron ejecutados en su gran mayoría por personal empírico y con materiales de muy mala calidad, obteniéndose valores de puesta a tierra inaceptables, rechazándose en más de tres oportunidades hasta obtener los valores normados.

2.1.2 Alcances previos

En este capítulo, se analizarán los siguientes sistemas de distribución

Sistemas de distribución en media tensión (líneas y redes primarias):

- Sistema Trifásico 22,9/13,2 kV con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra, ramales monofásicos 13,2 kV con neutro corrido.
- Sistema Trifásico 22,9 kV sin neutro corrido y con ramales bifásicos 22,9 kV.
- Sistema Trifásico 22,9/13,2 kV sin neutro corrido y con ramales monofásicos retorno total por tierra (MRT) 13,2 kV.

Sistemas de distribución en baja tensión (redes secundarias):

- Sistema Trifásico 380/220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.
- Sistema Monofásico 440-220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.

Para la elaboración de este capítulo se ha recurrido a las experiencias adquiridas en las supervisiones de obras de electrificación rural.

2.1.3 Tipos de puestas a tierra según su funcionalidad

Las puestas a tierra a describirse en este informe, las vamos a dividir en base a su funcionalidad, se analizarán las puestas a tierra en soportes de líneas y redes primarias en 22,9/13,2 kV, en soportes de redes secundarias 380/220 V y 440/220 V y en las subestaciones de distribución, para luego analizar su problemática. Partiendo de que toda instalación de puesta a tierra es de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema eléctrico, entonces todos los equipos y accesorios deben estar efectivamente puestos a tierra.

En base a las normas técnicas, el código nacional de electricidad y los criterios de diseño en líneas primarias, redes primarias y redes secundarias, se usan configuraciones de los sistemas de distribución eléctrica en media tensión (líneas y redes primarias), mostradas en las figuras 2.1, 2.2, 2.3 y en baja tensión (redes secundarias) las cuales se muestran en las figuras 2.4 y 2.5.

Sistemas de distribución en media tensión (líneas y redes primarias):

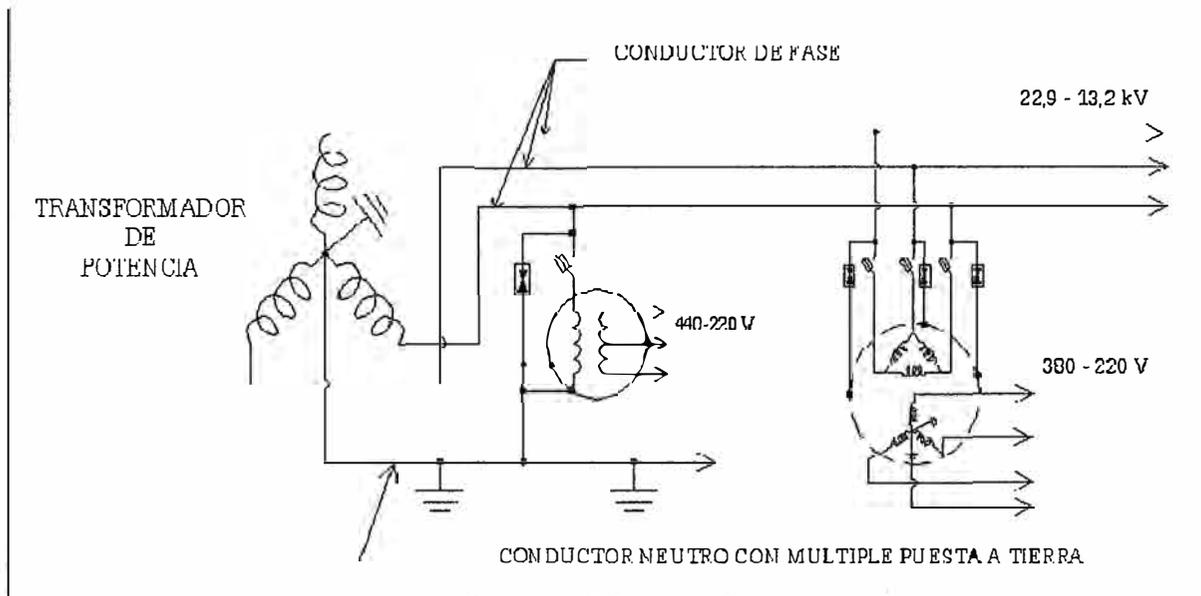


Fig. 2.1 Sistema trifásico 22,9/13,2 kV Con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra, ramales monofásicos 13,2 kV con neutro corrido.

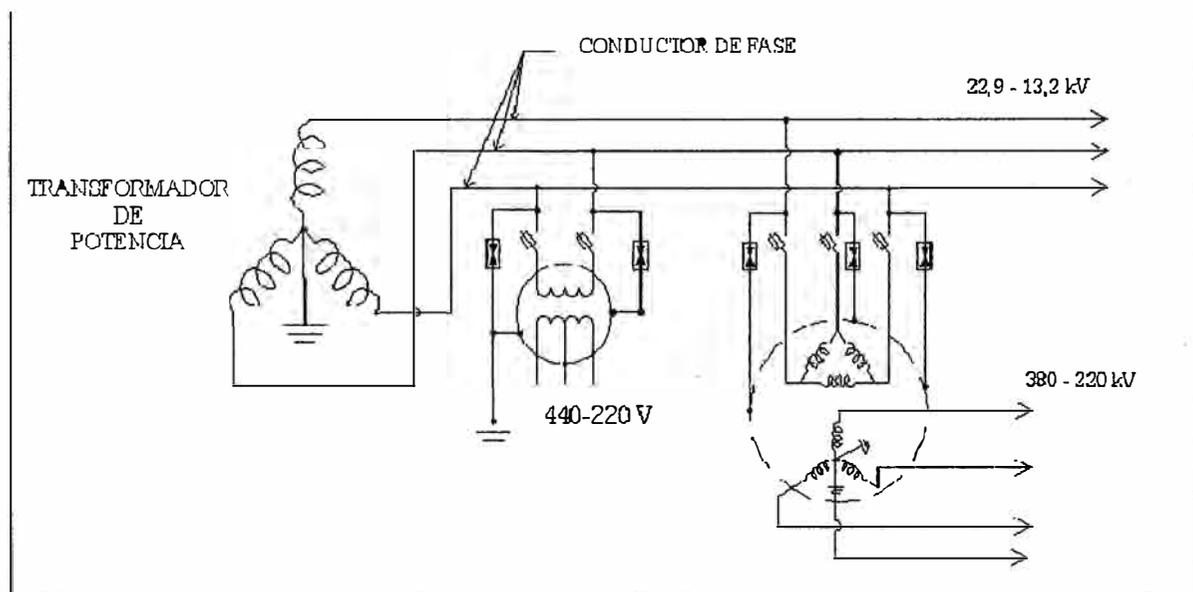


Fig. 2.2 Sistema trifásico 22,9 kV sin neutro corrido y con ramales bifásicos 22,9 kV.

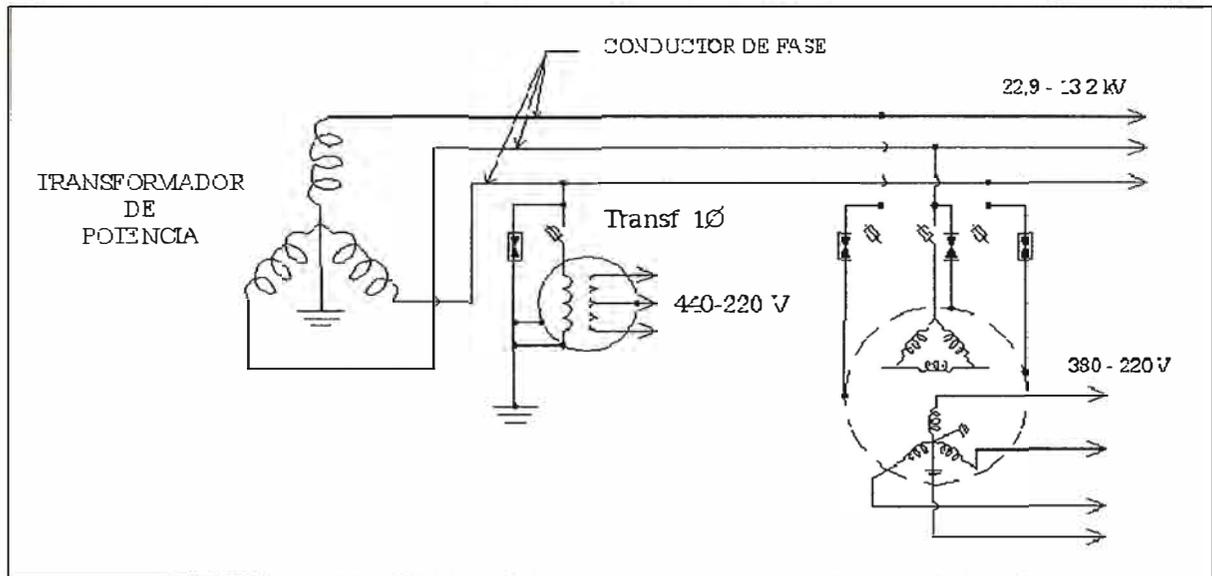


Fig. 2.3 Sistema trifásico 22,9/13,2 kV sin neutro corrido y con ramales monofásicos retorno total por tierra (MRT) 13,2 kV.

Sistemas de distribución en baja tensión (redes secundarias):

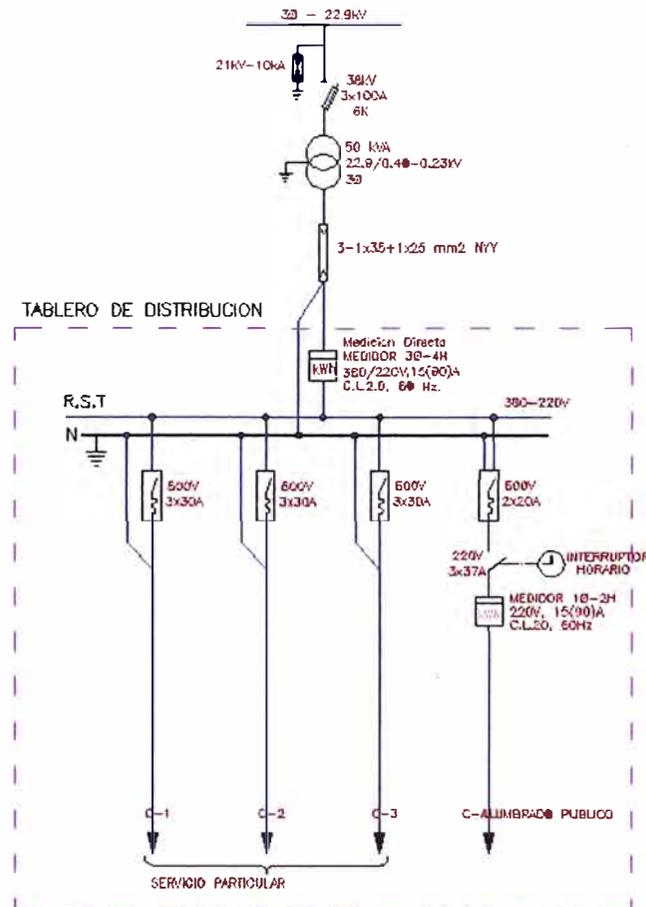


Fig. 2.4 Sistema trifásico 380/220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.

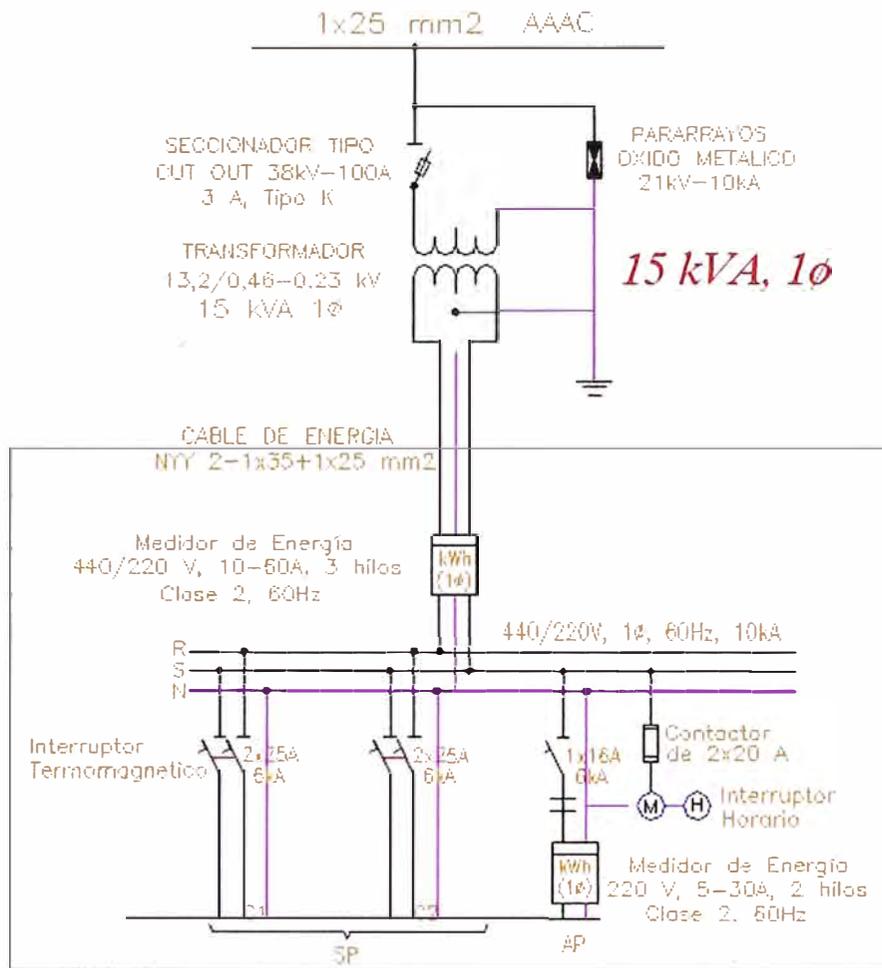


Fig. 2.5 Sistema monofásico 440-220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.

a) Líneas y redes primarias

En este punto se menciona los diferentes tipos de puestas a tierra que se instalan en las líneas y redes primarias de los proyectos de electrificación rural, donde se podrá apreciar los diferentes criterios que usan en los proyectos ejecutados. Asimismo se observará los esquemas de estas instalaciones, obtenidas durante los trabajos de supervisión e intervención en obras de electrificación.

Las siguientes figuras nos muestran los tipos de puestas a tierra más comunes usados en las líneas y redes primarias, las cuales presentan diferentes configuraciones, sobre todo en el uso del electrodo copperweld, así como también el uso del conductor en forma de espiral y en algunos casos ambas formas superpuestas. Por otro lado algunas puestas a tierra son tratadas con elementos químicos, mientras que en lugares no accesibles sobre todo no se usan estos componentes.

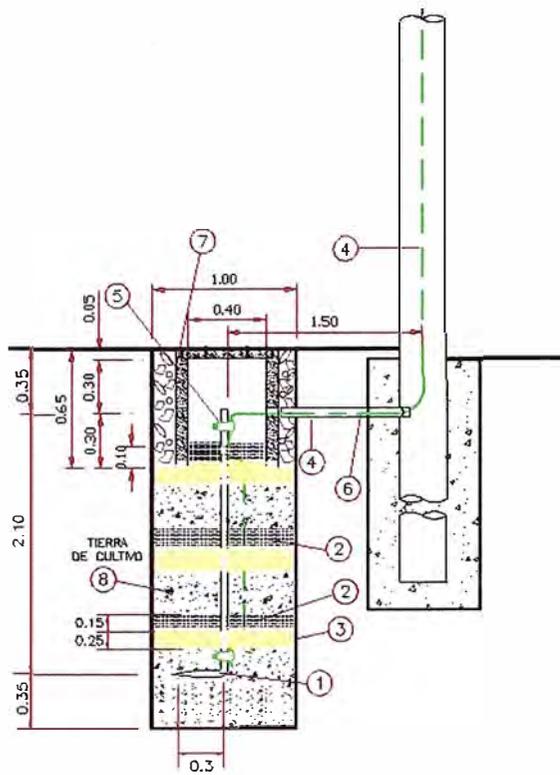


Fig. 2.6 Puesta a tierra con tratamiento de suelo y varilla doblada en la punta, pozo independiente

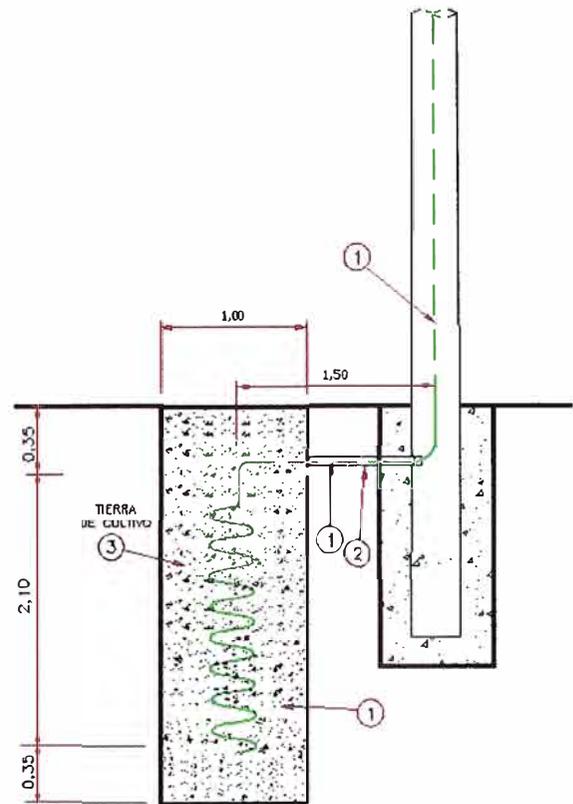


Fig. 2.7 Puesta a tierra con espiral en pozo independiente relleno con tierra de chacra

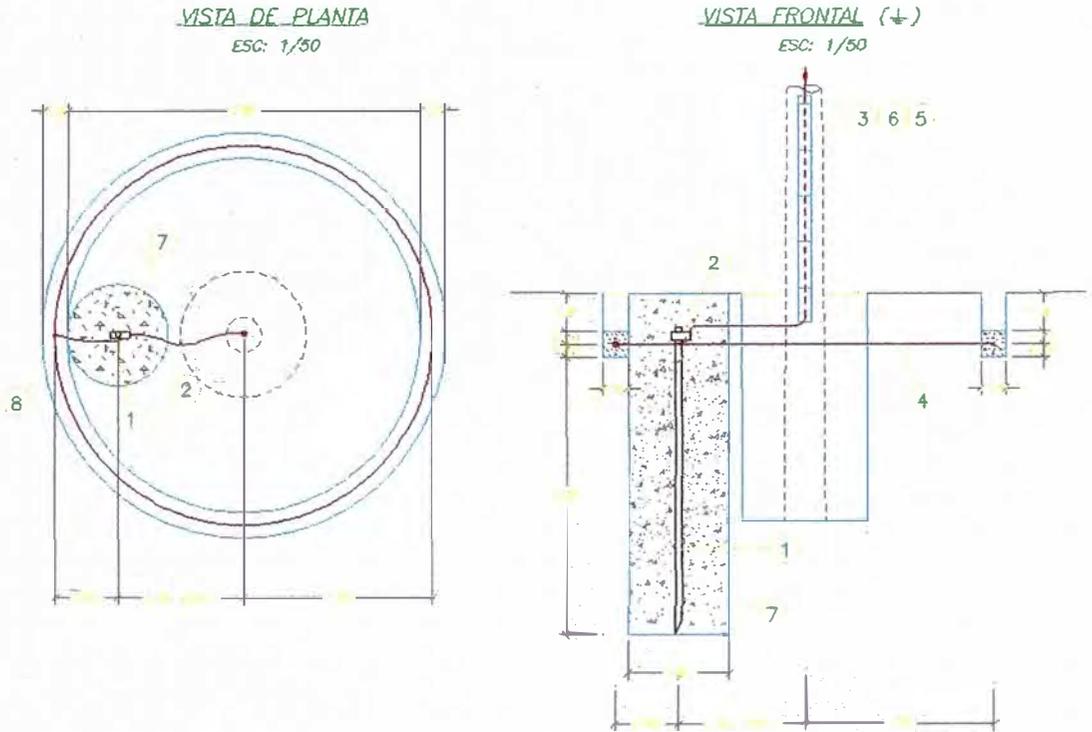


Fig. 2.8 Puesta a tierra con pozo independiente relleno con tierra de chacra y un anillo alrededor de poste.

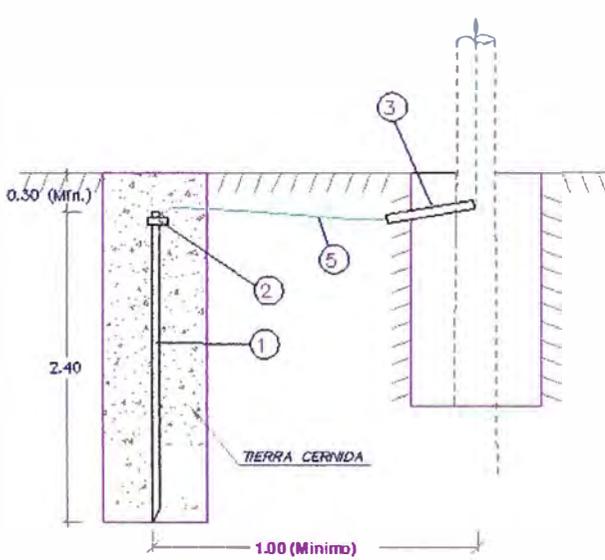


Fig. 2.9 Puesta a tierra convencional tipo PAT-1 con un solo electrodo copperweld.

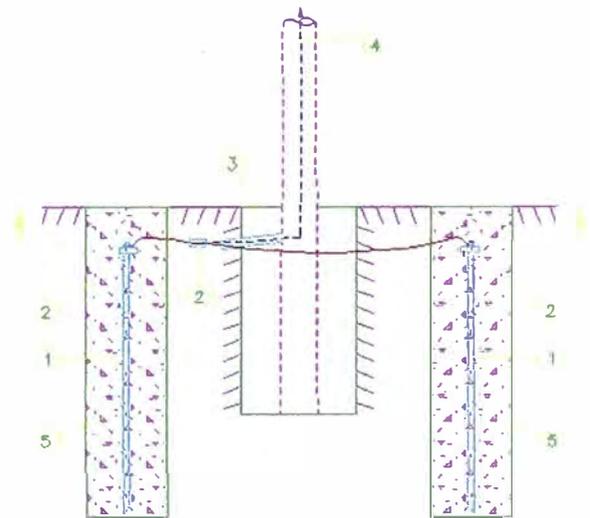


Fig. 2.10 Puesta a tierra con dos electrodos copperweld

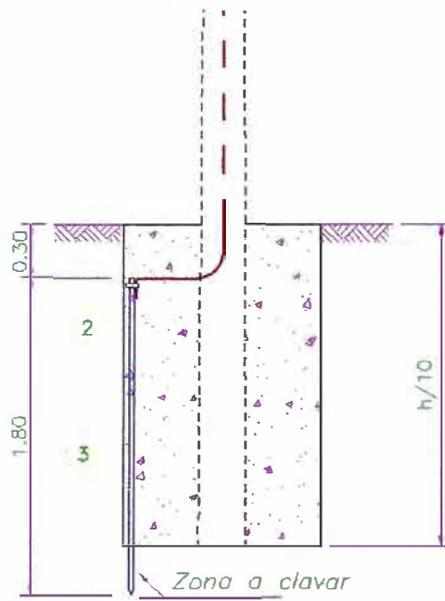


Fig. 2.11 Puesta a tierra con un solo electrodo copperweld en el mismo hoyo del poste.

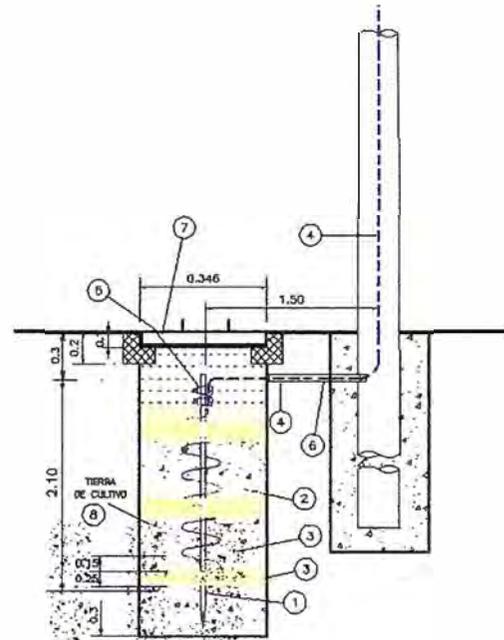


Fig. 2.12 Puesta a tierra con un electrodo copperweld y un espiral.

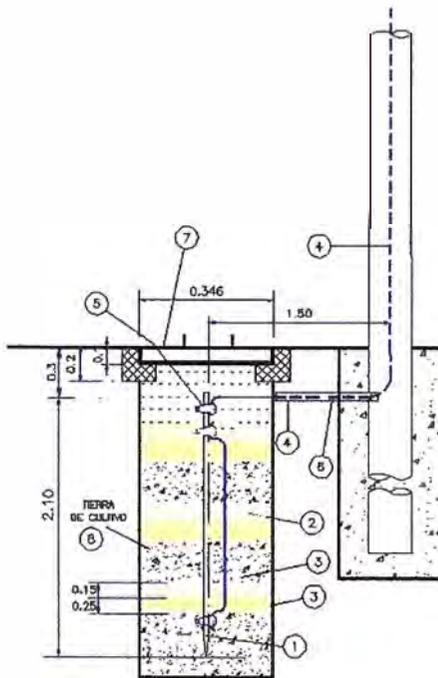


Fig. 2.13 Puesta a tierra con un electrodo copperweld y un conductor de cobre paralelo.

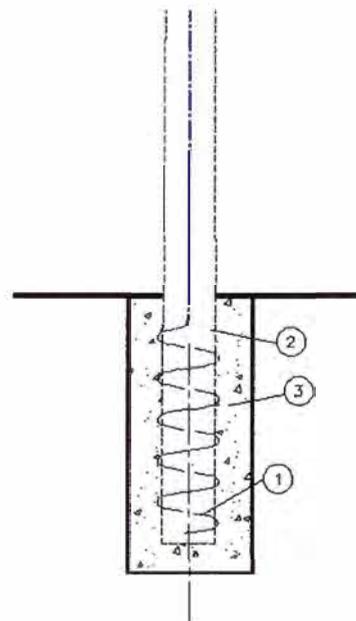


Fig. 2.14 Puesta a tierra con espiral en la base del poste.

b) Subestaciones de distribución

Las subestaciones de distribución, son el último equipamiento eléctrico al final de la red primaria, con el mismo nivel de tensión de la línea primaria del cual se deriva, su componente principal y primordial es el Transformador, el cual deberá estar puesto a tierra de acuerdo a su diseño, y de la misma forma todos los equipos de protección eléctrica de la subestación. Los tipos de puestas a tierra que se instalan en las subestaciones de distribución, son considerados en base a su nivel de tensión y a la potencia del transformador, obteniéndose puestas a tierra con 1, 2 o 3 electrodos copperweld.

Los tipos de puestas a tierra más comunes usados en las subestaciones de distribución se muestran en las figuras 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18, asimismo en la figura 2.19 se muestra los esquemas de conexión usados en estas subestaciones.

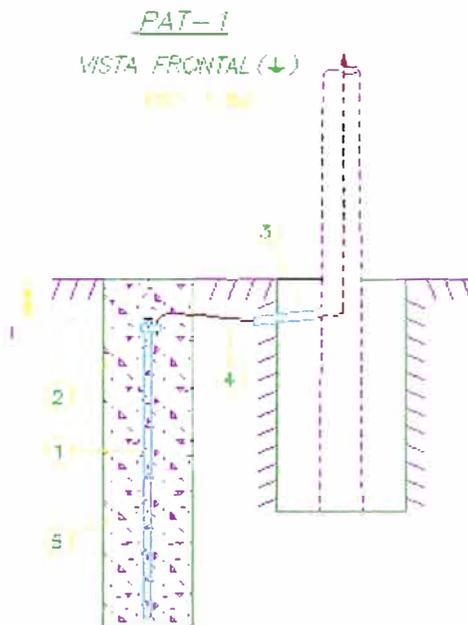


Fig. 2.15 Puesta a tierra tipo convencional PAT-1, con un electrodo copperweld.

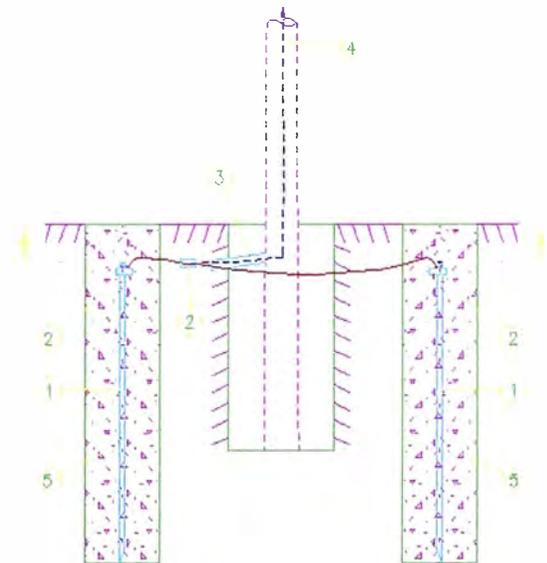


Fig. 2.16 Puesta a tierra tipo lineal PAT-2, con dos electrodos copperweld.

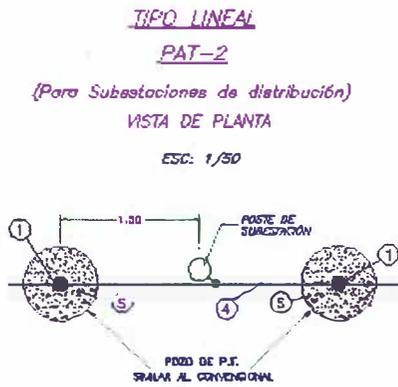


Fig. 2.17 Puesta a tierra tipo lineal PAT-2, con dos electrodos copperweld.

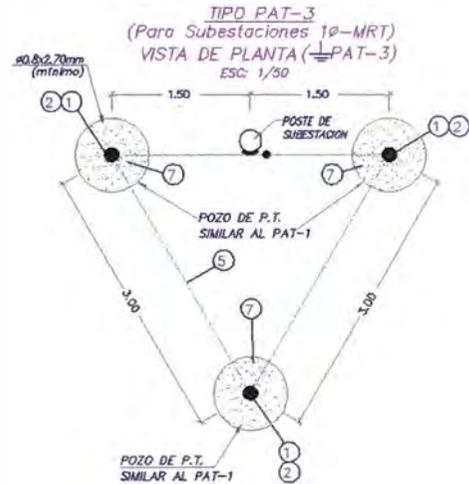


Fig. 2.18 Puesta a tierra tipo triangular PAT-3, con tres electrodos copperweld.

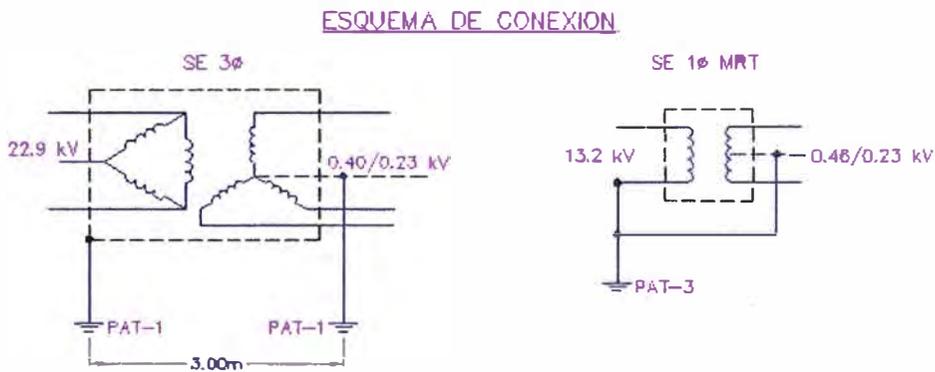


Fig. 2.19 Esquemas de conexión de los tableros eléctricos

La resistencia de puesta a tierra de los transformadores de distribución 1 ϕ y 3 ϕ serán:

Sistema	Potencia del Transformador (KVA)	Resistencia de puesta a tierra del Transf. (ohm)
1 ϕ	5	25
1 ϕ	10	25
1 ϕ	15	20
1 ϕ	25	15
1 ϕ	40	10
3 ϕ	Todas	20

La resistencia de puesta a tierra de los transformadores de distribución 1 ϕ serán:

Sistema	Potencia del Transf. (KVA)	Resistencia de puesta a tierra del Transf. (ohm)
1 ϕ	5 y 10	25
1 ϕ	15	25
1 ϕ	25	20
1 ϕ , 3 ϕ	transformadores de distribución	25

Fig. 2.20 Cuadros típicos de valores de Puesta a tierra

c) Redes secundarias

Las redes secundarias, son el último recorrido de la energía eléctrica, a partir del cual se entrega al usuario final, ya sea en 380/220 V ó 440/220 V, una energía eléctrica de calidad y continua, de tal manera que los equipos eléctricos y electrónicos funcionen sin ningún tipo de riesgo eléctrico. Es por esto que las redes secundarias son las que poseen más puestas a tierra, de tal manera que se logre el valor adecuado de resistencia de puesta a tierra y se logre el óptimo funcionamiento del sistema eléctrico.

Del mismo modo que las líneas primarias, y las subestaciones, en las redes secundarias encontramos tipos de puesta a tierra, las cuales se muestran en las figuras 2.21 y 2.22. y son las siguientes: Puestas a tierra para estructuras de concreto armado y Puestas a tierra para estructuras de madera. A diferencia de las líneas y redes primarias y las subestaciones, en el caso de las redes secundarias solo se encuentran estos dos tipos de puesta a tierra.

Los sistemas de distribución en redes secundarias, tanto en 380/220 V y 440/220 V, son con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra, por lo tanto estos dos tipos de puesta a tierra son únicos y necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema, en el caso de que el conductor neutro corrido, pierde continuidad, entonces las puestas a tierra más cercanas cumplen la función de retorno por tierra, garantizando así el continuo funcionamiento del sistema eléctrico.

En este caso, es obvio que todas las puestas a tierra distribuidas en las redes secundarias tienen que estar conectados al neutro corrido y es el único criterio a manejarse.

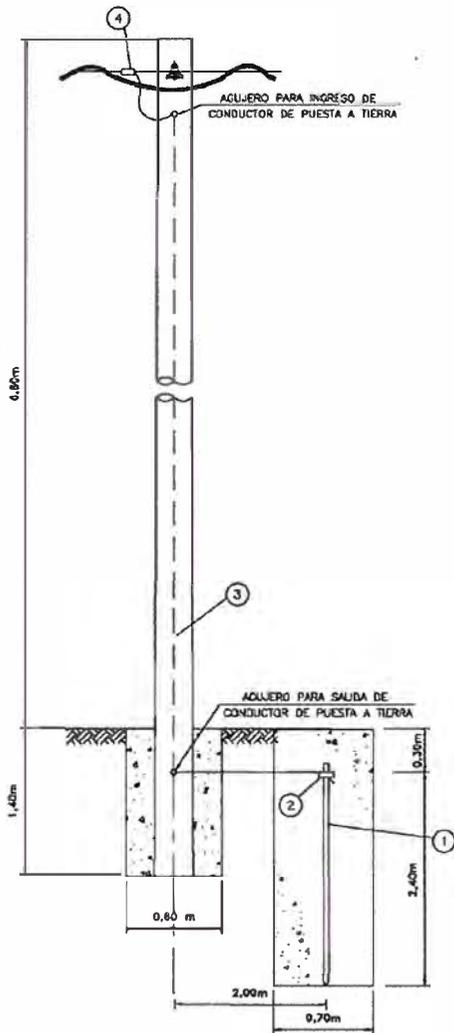


Fig. 2.21 Puesta a tierra para estructuras de concreto armado en redes secundarias.

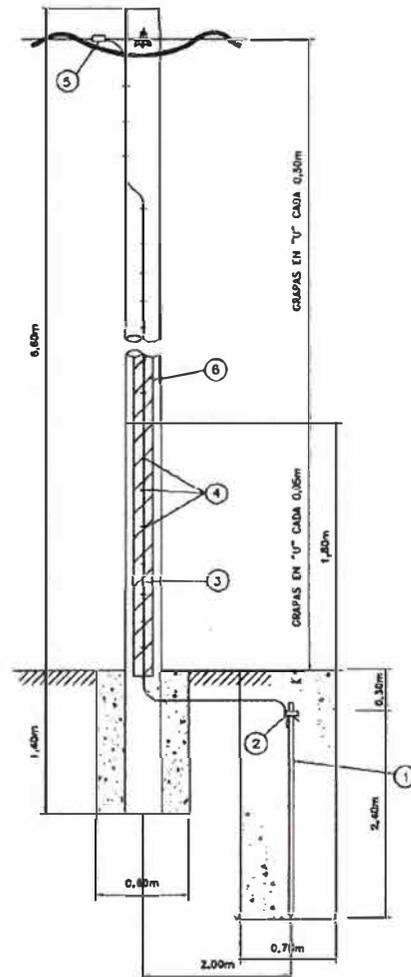


Fig. 2.22 Puesta a tierra para estructuras de madera en redes secundarias.

2.1.4 Problemática de Puestas a tierra.

a) Líneas y redes primarias

Durante la ejecución de las instalaciones de puestas a tierra, en diferentes obras de electrificación rural, se encuentran muchos problemas e inconvenientes, de los cuales los más resaltantes se detallan a continuación.

En una distribución de estructuras, siempre existen estructuras con puesta a tierra a lo largo de la línea, sin embargo el contratista no toma en cuenta los detalles de las Láminas 77 y 78 de las Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural /1/, mostradas en el anexo A, de tal manera que la instalación sea la correcta de acuerdo al tipo de zona atmosférica.

Existe indecisión en poner a tierra las partes de las estructuras, además de no saber que partes son las que se ponen a tierra y que estructura es la que debe de tener puesta a tierra, este caso se complementa con el anterior.

Para el caso de zonas con descargas atmosféricas, no se cumple con dejar el extremo superior del conductor de puesta a tierra en forma de un espinterómetro. Ver anexos A y B

El conductor de puesta a tierra en la base del poste se encuentra incompleto y para “cumplir” con su longitud se ha agregado y entorchado con conductor de aluminio.

- Se obvia el uso de las planchas dobladas “tipo J” para toma a tierra.

En las estructuras o soportes de tipo P3A2-3, PRH-3, existe la duda si se instala una sola bajada de puesta a tierra y no se unen las tres bajadas del conductor de puesta a tierra hacia el PAT-1.

Existen discrepancias en cuanto a los tipos de puesta a tierra, ya que en cada estudio se encuentran las nomenclaturas PAT-1, PAT-2, PAT-3, PAT-0, PAT-A, etc, pero difieren todas en cada proyecto, creando finalmente confusiones en los contratistas.

De la misma manera, en las subestaciones de distribución, siempre se llega a discrepar si se coloca 1,2 ó 3 varillas de puesta a tierra.

En casos de intervención de obra, para inventariar los materiales instalados, se encuentran diversas formas de instalación de puesta a tierra, obviamente de manera inconclusas.

- Un problema principal y general en todas las obras es el valor de la puesta a tierra, siempre arrojan valores altos.
- Los electrodos Copperweld son cortados y en otros casos doblados, con la finalidad de no realizar los hoyos a la profundidad que se indican en las láminas de detalle de puesta a tierra.
- No se instalan los listones de protección en las bajadas del conductor de puesta a tierra.
- Los conductores de puesta a tierra son instalados de manera seccionadas, hasta por más de tres retazos, debe tener continuidad física.
- Las puestas a tierra de tipo envolvente, no cumplen con las especificaciones de las láminas de detalle.
- En inspecciones aleatorias, se exige volver a cavar el hoyo de la puesta a tierra, encontrándose con la sorpresa de que electrodo copperweld se encuentra seccionado.

Las evidencias de algunos de los problemas mencionados se pueden observar en las fotografías que se muestran en el Anexo C.

b) Subestaciones de distribución

- En cuanto a las subestaciones de distribución, se generan dudas respecto a si se ponen a tierra la carcasa del transformador, carcasa del tablero, y si se unen o no a la puesta a tierra de baja tensión y con su respectivo borne terminal neutro.
- De la misma forma que en las líneas primarias, al medir las resistencias de puesta a tierra de las subestaciones, los valores obtenidos casi siempre superan los valores indicados en las normas técnicas de electrificación rural, según se muestra en el anexo F /2/.
- La forma de conexión de las varillas copperweld de puestas a tierra no están de acuerdo a las laminas de los proyectos, básicamente cuando se instalan 2 o 3 varillas de puesta a tierra.
- La corrosión en las varillas, conectores y conductor de cobre es una observación muy común al inspeccionar las puestas a tierra después de más de un año de su instalación.
- De la misma manera que en las líneas, no se instalan los listones de protección en las bajadas del conductor de puesta a tierra, en este caso la prioridad de esta protección es alta, en muchos casos estos listones son hurtados por los mismos lugareños.

- El hurto de los conductores de cobre y los electrodos copperweld, de manera completa o incompleta, son un problema común en todas las obras, lo cual escapa de las cuestiones técnicas.
- Los conductores de puesta a tierra son instalados de manera seccionadas, hasta por más de tres retazos, debe tener continuidad física.
- El electrodo coperweld, esta enterrado de manera muy superficial a 5cm del nivel del terreno, es muy fácil de sobresalirse no cumplen los 30cm debajo del nivel del terreno según indica las láminas de detalle.
- El conductor de puesta a tierra, en su parte inferior está enterrado a 5cm del nivel del terreno, es muy fácil de sobresalirse no cumplen los 30cm debajo del nivel del terreno según indica las láminas de detalle.
- Los conectores de bronce para electrodo y el conector de cobre tipo perno partido, no son usados y en su lugar son reemplazados por entorches de retazos de conductor.
- En inspecciones aleatorias, se exige volver a cavar el hoyo de la puesta a tierra, encontrándose con la sorpresa de que electrodo copperweld se encuentra seccionado.

Las evidencias de algunas de los problemas mencionados se pueden observar en las fotografías que se muestran en el Anexo D.

c) Redes secundarias

- En algunos casos no se instalan los conectores bimetálicos y el conductor de cobre no están conectado al portante, consideran como si fueran de de tipo espinterómetro.
- Los conductores de puesta a tierra son instalados de manera seccionadas, hasta por más de tres retazos, debe tener continuidad física.
- El electrodo coperweld, está enterrado de manera muy superficial a 5cm del nivel del terreno, es muy fácil de sobresalirse no cumplen los 30cm debajo del nivel del terreno según indica las láminas de detalle.
- El conductor de puesta a tierra, en su parte inferior está enterrado a 5cm del nivel del terreno, es muy fácil de sobresalirse no cumplen los 30cm debajo del nivel del terreno según indica las láminas de detalle.
- Los conectores de bronce para electrodo y el conector de cobre tipo perno partido, no son usados y en su lugar son reemplazados por entorches de retazos de conductor.

- En los postes de madera no se instalan los listones de madera, dejando el conductor de cobre expuestos a los lugareños.
- El electrodo copperweld se ha instalado en el mismo hoyo del poste, debe estar en forma independiente, tal como se indica en las láminas de detalle.
- En inspecciones aleatorias, se exige volver a cavar el hoyo de la puesta a tierra, encontrándose con la sorpresa de que electrodo copperweld se encuentra seccionado.

Las evidencias de algunas de los problemas mencionados se pueden observar en las fotografías que se muestran en el Anexo E.

2.2 Objetivos a lograrse.

2.2.1 Alcances previos

En este capítulo, se analizaran los siguientes sistemas de distribución

Sistemas de distribución en media tensión (líneas y redes primarias):

- Sistema Trifásico 22,9/13,2 kV con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra, ramales monofásicos 13,2 kV con neutro corrido.
- Sistema Trifásico 22,9 kV sin neutro corrido y con ramales bifásicos 22,9 kV.
- Sistema Trifásico 22,9/13,2 kV sin neutro corrido y con ramales monofásicos retorno total por tierra (MRT) 13,2 kV.

Sistemas de distribución en baja tensión (redes secundarias):

- Sistema Trifásico 380/220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.
- Sistema Monofásico 440-220 V con neutro corrido y con múltiple puesta a tierra.

2.2.2 Objetivo

Los objetivos principales de este informe son los siguientes:

- Dar a conocer a los profesionales e instituciones del sector eléctrico, los diversos problemas que se dan durante y después del montaje de las instalaciones de puesta a tierra en nuestras redes de distribución.
- Hacer uso de nuestras normas y código nacional de electricidad, para poder entender nuestro sistema eléctrico y no caer en confusiones ni

errores durante la ejecución de las puestas a tierra., sobre todo en el interior de nuestro país.

- Diseñar las puestas a tierra de acuerdo a las consideraciones del código nacional de electricidad y las normas técnicas, para tener un sistema eléctrico eficiente y estable, para lo cual las puestas a tierra son de vital importancia.
- Asimismo plantear alternativas de solución, para que las instituciones competentes puedan uniformizar y reglamentar las instalaciones de las Puestas a Tierra y poder garantizar el buen funcionamiento de nuestro sistema eléctrico, tanto en líneas y redes primarias, redes secundarias y subestaciones de los sistemas de distribución, tal que todos estén puestos a tierra de manera efectiva.
- Finalmente se clasificará y ordenaran los criterios establecidos en las normas técnicas y el código nacional de electricidad, en cuanto a puestas a tierra se refiere, de tal manera que este informe sirva además de elemento de consulta, como una guía o manual de procedimiento para lograr eficientes sistemas de puesta a tierra en nuestras redes de distribución.

Finalmente, mostramos un sistema de puesta a tierra óptimo, efectivamente puestos a tierra tanto en las líneas y redes como en sus subestaciones de distribución.

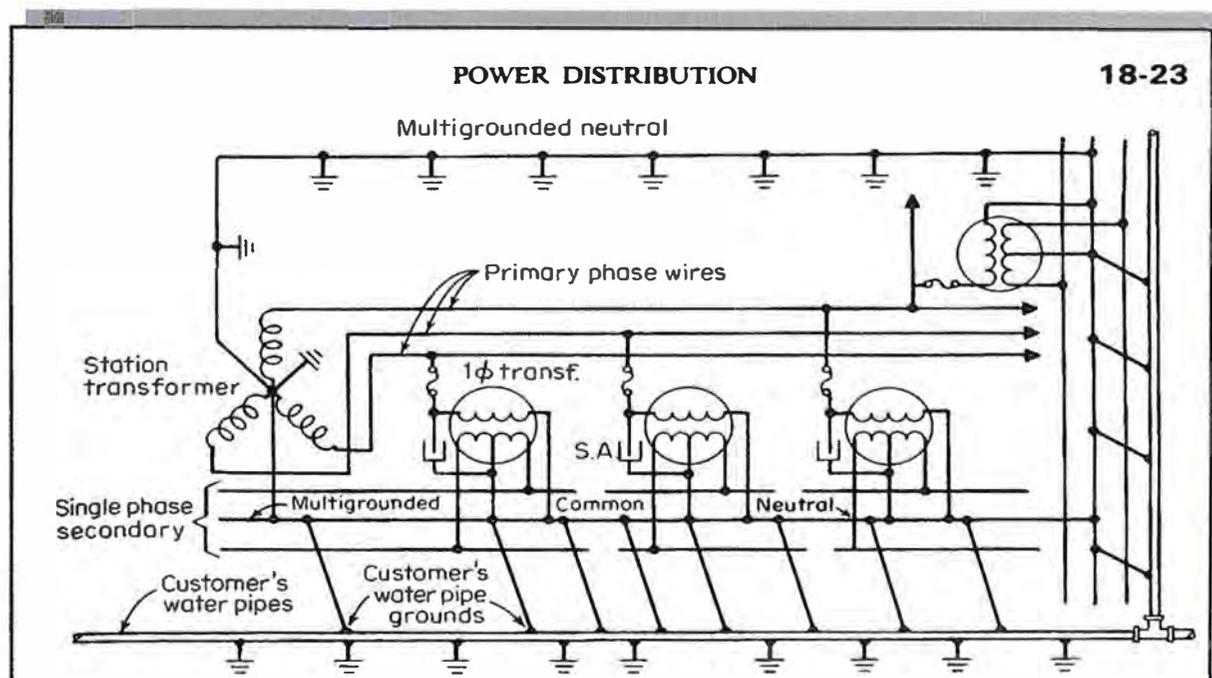


Fig. 2.23 Sistema de distribución eléctrica eficientemente aterrada.

Con un sistema de puesta a tierra optimo y eficiente se logra

- Garantizar la integridad física de las personas que operan sobre elementos que normalmente se hallan en posible contacto eléctrico.
- Evitar voltajes peligrosos entre estructuras, equipos electrónicos y el terreno, durante fallas diversas.
- Conducir a tierra las corrientes provenientes de sobre tensiones ocasionadas por rayos y descargas en líneas.
- Propiciar un circuito de baja resistencia de falla conectada a un sistema de aterramiento.
- Mantener los límites permisibles de las corrientes de falla protegiendo al ser humano y equipos diversos.
- Garantizar la operatividad de los equipos e instrumentos de protección para evitar potenciales nocivos.
- Mejorar la calidad del servicio

2.3 Evaluación de las instalaciones de Puesta a Tierra.

2.3.1 Generalidades

El informe presentado es de carácter informativo y no pretende explicar las normas y el código, sino más bien mencionarlas para así alertar a los profesionales sobre la manera de cómo se están realizando estas instalaciones.

La evaluación de los sistemas mencionados serán vistos de la misma forma como se han mencionado sus problemáticas.

2.3.2 Líneas y redes primarias.

Haciendo una evaluación en base a la problemática descrita, podemos decir que las líneas y redes primarias, pudieron no estar preparadas para soportar fallas, esto debido las diversas observaciones que se mencionaron anteriormente, sin embargo gracias a las supervisiones e intervenciones sobre los proyectos de electrificación rural realizados por la DEP-MEM es que se puede garantizar de alguna manera el buen funcionamiento de las obras ejecutadas.

2.3.3 Subestaciones de distribución

En cuanto a las subestaciones de distribución, la evaluación de la problemática radica en dos puntos principales:

Principio de equipotencialidad (una sola puesta a tierra en la subestación). Ya que este punto es relativamente actual, existen subestaciones que aun no comparten este principio, sobre todo aquellas que tienen dos puestas a tierra una en el lado de alta y otra en el lado de baja, y que aun siendo así cuentan con un solo conductor de puesta a tierra.

Resistencia de la puesta a tierra. En cuanto a los valores de resistencia de puesta a tierra, algunas subestaciones alcanzaron su valor dentro de lo establecido, pero con algún tipo de solución electrolítica o sales, si bien es cierto el momento de la medición cumplió con las normas, queda a la deriva saber si después de un año se sigue manteniendo ese mismo valor de puesta a tierra.

2.3.4 Redes secundarias

En cuanto a las puestas a tierra dentro de las localidades, donde supuestamente las instalaciones de puesta a tierra deberían estar más conservadas, sucede todo lo contrario, además de las deficiencias técnicas durante la instalación, las que se superan en su momento gracias a la supervisión, los accesorios de puesta a tierra, llámese conductor de cobre y electrodo copperweld siempre están expuestos al hurto y a daños físicos; problema de índole social que escapa de las soluciones técnicas, lográndose gracias a todo esto un sistema inestable e inseguro.

Otro tema que no se debe dejar de lado es el hurto de la energía eléctrica, lo cual ha causado hasta la muerte de muchas personas, esto debido al desconocimiento de los sistemas eléctricos 380/220 V y 440/220 V, ya que como sabemos estos funcionan con un neutro y se debe coger cualquier par de conductores al azar.

2.3.5 Resumen

Las evaluaciones indicadas implican tomar acciones inmediatas para velar por nuestro sistema eléctrico, no debemos olvidarnos que uno de los objetivos primordiales de las puestas a tierra es garantizar la seguridad de las personas y eso hay que tenerlo bien presente como ingeniero. Se espera entonces que con las evaluaciones indicadas en este informe se tome conciencia del estado en que están o pueden estar nuestros sistemas eléctricos.

2.4 Síntesis de la problemática.

Como sabemos, de manera directa o indirecta, en todos los sitios de trabajo participa la electricidad; en consecuencia, los accidentes eléctricos reciben una especial atención en las sociedades modernas. Por ejemplo, en la década de los setenta, en la República Federal Alemana, el número de accidentes eléctricos en el hogar fue quince veces mayor que las otras clases de accidentes presentados en los lugares de trabajo (se debe tener presente que es una sociedad que utiliza de manera intensiva la electricidad dentro del hogar y que la distribución de la energía residencial se hace a 380/220 V), lo cual redundó en alrededor de 300 muertes anuales. Los accidentes eléctricos pueden presentarse dentro de recintos con instalaciones electrotécnicas, en los sitios de trabajo y en su entorno, pero también en el exterior, en la cercanía de obras eléctricas públicas (estaciones y subestaciones eléctricas, líneas eléctricas aéreas, etc.), originados por defectos de aislamiento en los medios eléctricos de servicio o por descargas atmosféricas, pero también al aire libre debido al impacto de un rayo sobre la persona, o bien, por estar en la proximidad del sitio del impacto.

Una de las medidas técnicas directas de protección disponible (tanto para los medios de servicio como para los seres vivos) es la puesta a tierra de los circuitos eléctricos, así como de los elementos metálicos que forman parte de las instalaciones electrotécnicas (estructuras, postes, escaleras, recipientes, torres, etcétera).

En los sistemas técnicos de la electrotecnia -entendiéndose como " ... la tecnología de la acción que se ocupa de todo lo relativo a la producción, la distribución, el almacenamiento y las aplicaciones técnicas de la electricidad"- la puesta a tierra se aplica con dos fines fundamentales: de servicio, es decir, como necesidad para que el sistema de energía o de comunicación pueda satisfacer los requisitos técnicos de operación y protección para los medios electrotécnicos de servicio (puesta a tierra de servicio); y como medida de protección para los seres vivos, tanto personas como animales útiles, que se encuentren dentro del ámbito de las instalaciones electrotécnicas (estaciones y/o subestaciones eléctricas, líneas eléctricas aéreas, instalaciones industriales, centrales telefónicas, etcétera) contra los efectos fisiológicos originados por el contacto con la corriente eléctrica que circule hacia la tierra por la presencia de un defecto de aislamiento en algún medio de servicio, o bien, por una descarga atmosférica (puesta a tierra de protección).

En las instalaciones eléctricas de alta tensión la puesta a tierra es la medida técnica directa esencial de protección para las personas (junto con el sistema de protección con

relevadores en el caso de redes con neutro puesto a tierra directa o indirectamente; respecto a estas instalaciones, la puesta a tierra de servicio debe satisfacer los requisitos de la puesta a tierra de protección. En cambio, en las instalaciones electrotécnicas de baja tensión se dispone de ocho medidas técnicas para la protección de las personas y/o animales útiles, de las cuales sólo en una la puesta a tierra es la esencial, interviniendo junto con algunas de las otras medidas sólo de manera auxiliar. En este nivel de tensión la seguridad de las personas y/o animales útiles (por ejemplo, en un establo moderno) se debe abordar cuando se planea la protección contra la sobre intensidades. Es evidente pues que el diseño de todo sistema de tierra, por sencillo que sea, debe primordialmente garantizar la seguridad de los seres vivos /3/.

CAPÍTULO III

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN

En este capítulo, trataremos la parte teórica que servirá como fundamento para el entendimiento de los temas a tratarse, empezando por una reseña histórica de las puestas a tierra.

Existieron mucho quienes experimentaban con la energía eléctrica, mencionaremos a uno de ellos, cuyos rudimentarios experimentos fueron relevantes, en la mente inquisitiva de Stephen Gray, después de haber llevado a cabo, el 14 de julio de 1729. El experimento de la conducción de electricidad a través de un cordón cableado de 650 pies de longitud, surgió la pregunta de ¿qué sucederá cuando se use a una persona como conductor de la electricidad? El 16 de julio de 1731, realizó tal experimento, utilizando a un adolescente como conductor; y en 1732, repitió el ensayo, pero usando esta vez a dos muchachos en serie como conductor.

En 1734, el investigador C.H. Du Fay también realizó el experimento de Gray. En ese experimento, él mismo fue suspendido horizontalmente y electrificado: durante el desarrollo del mismo, un hecho fortuito les planteó nuevas interrogantes: el asistente, que encontraba parado sobre el suelo, acercó casualmente su mano a la de Du Fay. Entonces, entre las manos se estableció una "chispa de fuego", acompañada de una sensación de: piquete y de un ardiente dolor, según lo reportó a la Academia Real de Ciencia. De esta manera inadvertida ellos fueron los primeros hombres en experimentar un contacto a tierra artificial.

Por su parte en 1883, Carl August Steinheil llegó a comprobar que la tierra conducía también la electricidad y que, por lo tanto, podía ser utilizada como circuito de retorno de esta, lo cual coadyuvó en el desarrollo de la telegrafía por hilo. Se puede pues pensar que aun ello se inicia la técnica de la puesta a tierra dentro del dominio de las comunicaciones eléctricas /3/.

3.1 Antecedentes de la problemática de las Puestas a Tierra.

A pesar de que la tierra ha sido elemento eléctrico desde hace millones de años, tanto su reconocimiento como su utilización en los sistemas técnicos construidos por el hombre son muy recientes. Para las primeras civilizaciones la única manifestación eléctrica perceptible, la electricidad atmosférica, estuvo siempre ligada a supersticiones, a la mitología y a la religión. Sin embargo, cuando se atisba dentro del periodo de gestación de la ciencia eléctrica, se observa que ya desde entonces los hombres se interesaron en las posibles aplicaciones de la electricidad y de sus efectos en los diversos aspectos de su vida diaria y, como se mencionó antes, se puede considerar que en los experimentos de hombres, prácticamente sin facilidades, pero con mente inquisitiva, como S. Gray, G. Wheler, Du Fay, C. A. Steinheil, entre otros, se encuentran las raíces de la técnica de la puesta a tierra, cuyos aspectos esenciales siguen siendo el estudio del comportamiento de la tierra como conductor y polo eléctrico, así como de sus efectos tanto benéficos como nocivos, sobre los sistemas técnicos hechos por el hombre y muy especialmente sobre los seres vivos, ello gracias a la asistencia de la electrofisiología /3/.

3.2 Fundamento teórico de las Puestas a Tierra.

3.2.1 Las Corrientes telúricas

Las puestas a tierra se basan fundamentalmente en la naturaleza de las corrientes telúricas o de tierra, las cuales son las corrientes eléctricas que se propagan a través de la tierra; pueden ser distinguidas, según su naturaleza eléctrica como sigue: estacionarias (corriente continua); casi estacionarias o alternas lentas (corriente alterna de 50/60 Hz); alternas rápidas o de alta frecuencia (utilizadas en las telecomunicaciones), y corrientes que se propagan como ondas electromagnéticas de impulso (corriente de rayo).

Orígenes de las corrientes telúricas

Las corrientes telúricas pueden ser causadas por fenómenos naturales, o bien, por el funcionamiento de ciertos sistemas técnicos creados por el hombre. Dentro de las primeras se tiene, por ejemplo, a las corrientes que son originadas por campos variables en el tiempo, las causadas por fenómenos meteorológicos transitorios, así como las excitadas de manera natural dentro de la tierra. Debido a las oscilaciones en el tiempo del campo magnético de la tierra, se inducen en su masa corrientes parásitas a escala global. El campo magnético estacionario de la tierra provoca en las corrientes marinas y otras en -similitud al movimiento de conductores- corrientes eléctricas unipolares por

inducción. Los fenómenos eléctricos transitorios entre la atmósfera y la masa de la tierra originan el establecimiento de corriente eléctrica entre ellos, lo que se manifiesta por medio del rayo durante la tormenta.

En los límites entre materiales químicamente diferentes se crean campos eléctricos naturales que originan corrientes telúricas, tanto en la masa de la tierra como en corrientes de agua en la superficie, así como en la desembocadura de un río al mar al mezclarse el agua dulce con la salada; y aun, diferencias de temperatura dentro de la masa de la tierra ocasionan corrientes de calor, que frecuentemente van acompañadas del transporte de electricidad.

Dentro de los sistemas creados por el hombre, en ciertos casos, por razones de operación, y en otros por circunstancias accidentales, se derivan corrientes eléctricas hacia el suelo (superficie de la tierra considerada como soporte sobre el cual se mueven los seres vivos o se asientan las cosas), o bien, se utiliza como polo eléctrico. Ejemplos de casos de operación son los sistemas de transporte electrificado, tanto en corriente continua como en corriente alterna y la tecnología del transporte de energía eléctrica en corriente continua, cuando se usa el suelo como conductor de retorno de la corriente eléctrica. Ejemplos del mismo caso dentro de la técnica de las corrientes débiles son la telegrafía, la radioelectricidad y las telecomunicaciones.

Dentro de los casos accidentales se puede mencionar al que se origina debido a un defecto de aislamiento en ros medios eléctricos de servicio en los sistemas industriales o en las líneas aéreas de transporte de electricidad, pero también en los no menos importantes sistemas de distribución de energía eléctrica a los diversos usuarios y dentro de sus propias instalaciones.

Por otro lado, la caída de rayos sobre líneas aéreas y otras clases de instalaciones eléctricas originan la derivación de corrientes de impulso de elevada magnitud /3/.

Campos tecnológicos de acción

Los campos de acción de la técnica de la puesta a tierra son muy variados, desenvolviéndose no solamente de manera independiente dentro de cada uno de los dominios científicos de cada clase particular de corriente de tierra (estacionaria, casi estacionaria, etc.), sino también formando sistema con algunas de las otras clases de corrientes, llegándose entonces a integrar sistemas de puesta a tierra de la mayor jerarquía. Por ejemplo, en los sistemas de suministro de energía en corriente alterna se manejan en ciertos casos, de manera simultánea, la puesta a tierra de corriente estacionaria, de corriente casi estacionaria y de ondas electromagnéticas transitorias (ondas de impulso). Existen, por supuesto, campos tecnológicos de aplicación muy bien caracterizados, como, por ejemplo, los que se reseñan a continuación /3/.

- Sistemas de suministro de energía eléctrica
- Utilización y consumo de la energía eléctrica
- Sector de las comunicaciones eléctricas
- Transporte electrificado
- Técnica de la protección contra rayos

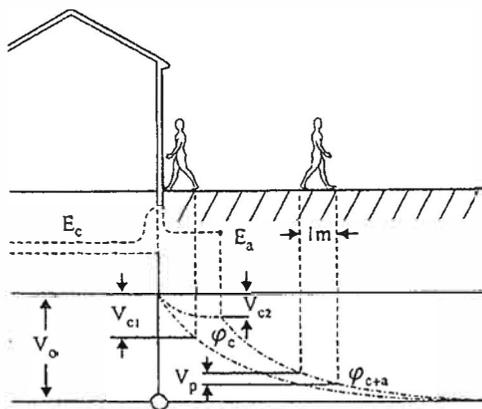


Fig.3.1 Sistema de puesta a tierra de una instalación industrial (incluye puesta a tierra de corriente de defecto de aislamiento y de rayo)

La exploración eléctrica

El amplio e importante campo de la prospección eléctrica y la técnica de la puesta a tierra se interrelacionan estrechamente por medio de principios y de técnicas de la geoelectrónica, así como a través de ciertos métodos fundamentales de la exploración eléctrica, como el método de la resistividad-calculada eléctrica y el sondeo eléctrico. Asimismo, la ingeniería de puesta a tierra se retroalimenta de la exploración eléctrica con algunas de sus técnicas de exploración de terrenos, con el propósito de determinar la conductividad efectiva de

los terrenos que en ocasiones están conformados por diversas capas con diferentes condiciones geológicas y geeléctricas, lo cual es trascendente para el diseño correcto y racional de los sistemas de tierra, muy en particular para los de gran extensión superficial (subestaciones eléctricas de muy alta tensión); en las figuras 3.2 y 3.3 se muestran algunos dispositivos típicos.

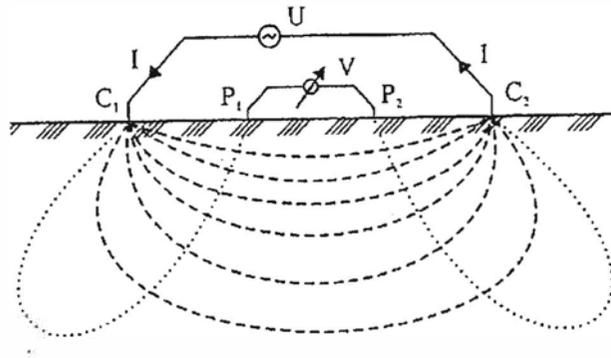


Fig. 3.2 Dispositivo tetraelectrónico (dispositivo Wenner)

La siguiente figura muestra los dispositivos para la determinación de la resistividad aparente del terreno, por el método de la resistividad, las cuales son:

1. Dispositivo tetraelectrónico, forma general.
2. Dispositivo tetraelectrónico simétrico AMNB
3. Dispositivo trielectrónico AMN, $B \rightarrow \infty$
4. Dispositivo dielectrónico AM,N, $B \rightarrow \infty$
5. Dispositivo con toma de tierra de medición fuera de línea
6. Dispositivo dipolar.

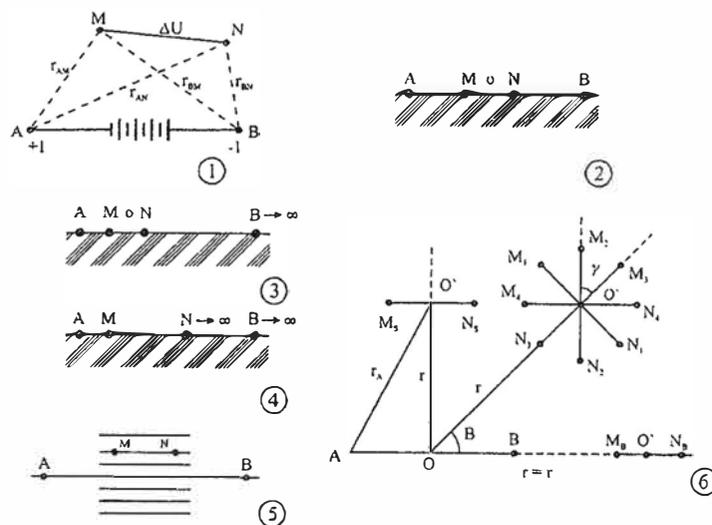


Fig. 3.3 Dispositivos para la determinación de la resistividad aparente del terreno, por el método de la resistividad

Efectos fisiológicos de las corrientes de tierra

Al circular la corriente de tierra por los electrodos se origina en ellos y en la tierra que los rodea fenómenos de naturaleza eléctrica, magnética y térmica. Así, por ejemplo, desde el punto de vista de la seguridad para las personas, el potencial de electrodo y su distribución sobre el terreno son el problema central por atender, ya que se manifiesta como voltajes de contacto y de paso en ellas si se encuentran en la zona de influencia del sistema de tierra; tales tensiones no sólo les pueden afectar su salud, sino hasta ocasionarles la muerte. La disciplina tecnológica de la medicina que se ocupa de tales efectos es la electrofisiología; y a partir de una larga serie de experimentos, algunos en personas y muchos en animales, se ha determinado el grado de peligrosidad de la corriente sobre el cuerpo humano, es decir, los valores de corriente y de voltaje que son peligrosos para él, tales magnitudes están ya normalizadas y sirven de base para el diseño de los sistemas de puesta a tierra, un ejemplo de ello lo podemos apreciar en la figura 3.4

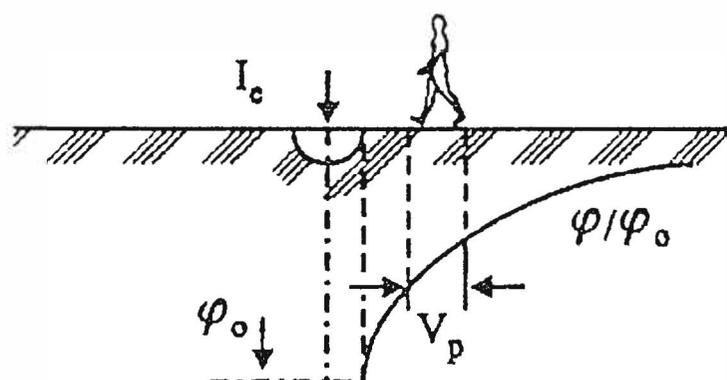


Fig. 3.4 Efectos fisiológicos sobre el cuerpo; el voltaje de paso (V_p) origina circulación de la corriente a través de él (I_c).

Condiciones de los terrenos

Uno de los tres factores decisivos para el dimensionamiento y comportamiento de un sistema de tierra es la condición del terreno a través del cual van a circular las líneas de corriente; ello involucra entonces no sólo al volumen de terreno sobre el cual esté emplazada la instalación de tierra, sino también el de sus alrededores. En realidad, el terreno debe ser considerado como un sistema geológico y geoelectrico; ver figuras 3.5, 3.6 y 3.7.

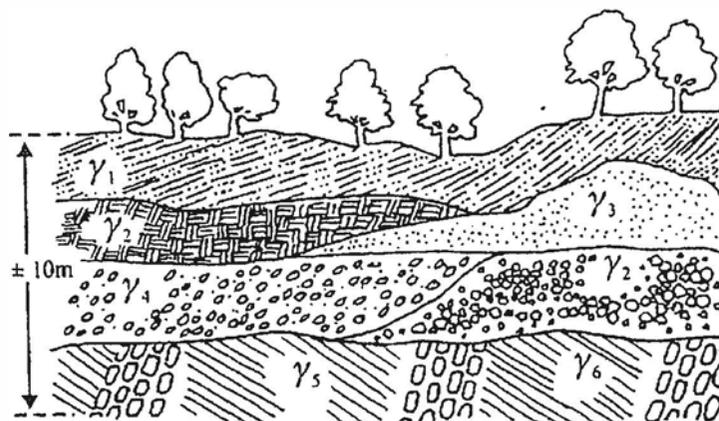


Fig. 3.5 Sistema geológico compuesto con:
 γ_1 , suelo temporizado; γ_2 , tilita; γ_3 , arena; γ_4 , grava; γ_5 , lutita; γ_6 , basalto.

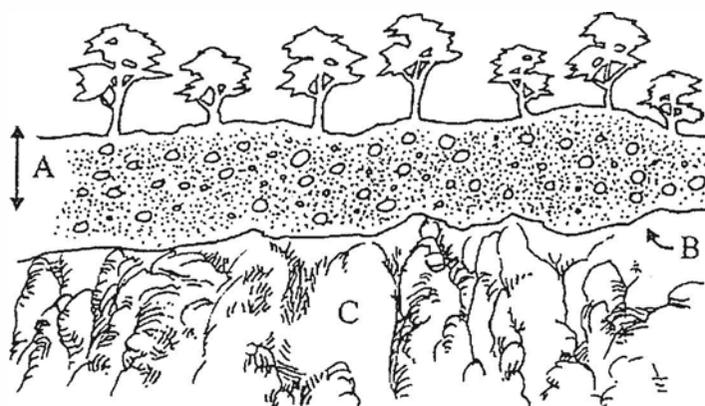


Fig. 3.6 Sistema geológico compuesto con
 A, zona intemperizada (suelo); B, cabecera de roca; C, lecho de roca.

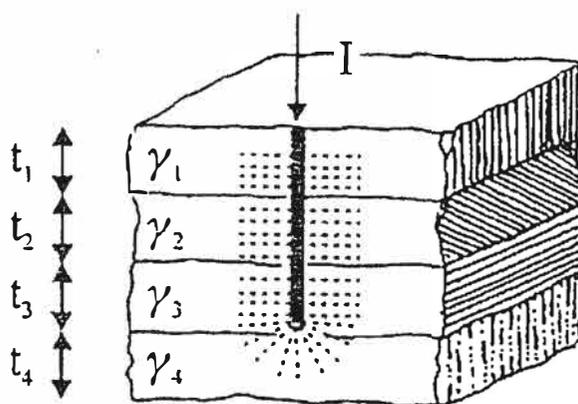
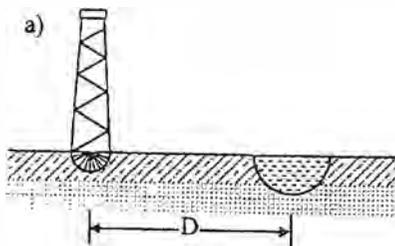


Fig. 3.7 Estructura geológica foliada, por ejemplo, con las posibilidades:
 a) $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3 > \gamma_4$ b) $\gamma_1 < \gamma_2 < \gamma_3 < \gamma_4$

El cálculo de la resistencia a la propagación de todo electrodo (sencillo o múltiple) se realiza con base en cierto valor de conductividad (o de su inversa, la resistividad) del terreno, la cual es variable en un amplio rango, según sus condiciones geológicas y geofísicas; por conveniencia, el análisis fundamental se desarrolla suponiendo un terreno homogéneo, es decir, que posee la misma naturaleza geológica y geofísica en el volumen de tierra ilimitado por todos lados en el que está embutido el sistema de tierra y por el cual las líneas de corriente se propagan; sin embargo, en la realidad y en la mayoría de los casos el terreno es de naturaleza heterogénea, lo cual causa que el comportamiento del sistema de tierra no resulte según el cálculo hecho para terreno homogéneo, ya que el valor de la conductividad ya no corresponde a tal clase de terreno.

En la práctica se puede identificar a alrededor de once clases de heterogeneidades que se presentan en determinados casos en los terrenos; algunas de ellas originan sólo pequeñas modificaciones de comportamiento del cálculo homogéneo, las cuales bien pueden ser ignoradas, empero algunas de ellas sí dan lugar a variaciones importantes que ya no deben ser despreciadas (subsuelo mucho mejor conductor que el suelo o viceversa), por lo que, en rigor, tienen que ser consideradas durante la fase del cálculo del sistema de electrodos; en la figura 3.8 se presentan dos de tales heterogeneidades.

Caso a)



Caso b)

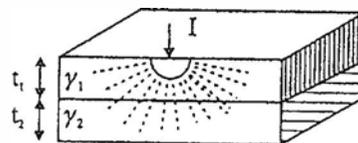


Fig. 3.8 Dos ejemplos de heterogeneidades.

Caso a) Cuenca de agua cerca de la torre.

Caso b) Terreno con dos conductividades $\gamma_1 > \gamma_2$ ó $\gamma_1 < \gamma_2$

Si bien la teoría científica permite llegar a una expresión matemática para indagar la conductividad macroscópica, es en verdad muy difícil de aplicar en la práctica; y, por otro lado, aunque los efectos de ciertas heterogeneidades son relativamente sencillas de determinar numéricamente en electrodos elementales, no resulta así en el caso de electrodos múltiples. De ahí que en la ingeniería de puesta a tierra se establezca (como en toda tecnología) que aun con la aplicación de la mejor teoría y con las facilidades más sofisticadas, se debe asumir que el resultado será sólo aproximado y que, por tanto, tendrá que ser mejorado con base en mediciones de campo y las modificaciones consecuentes /3/.

3.2.2 Métodos de medición de puesta a tierra

El levantamiento de los valores de resistividad a través de mediciones en el terreno es utilizando métodos de prospección geoelectrico; dentro de los cuales los más conocido y utilizado son los métodos de Wenner y Schlumberger

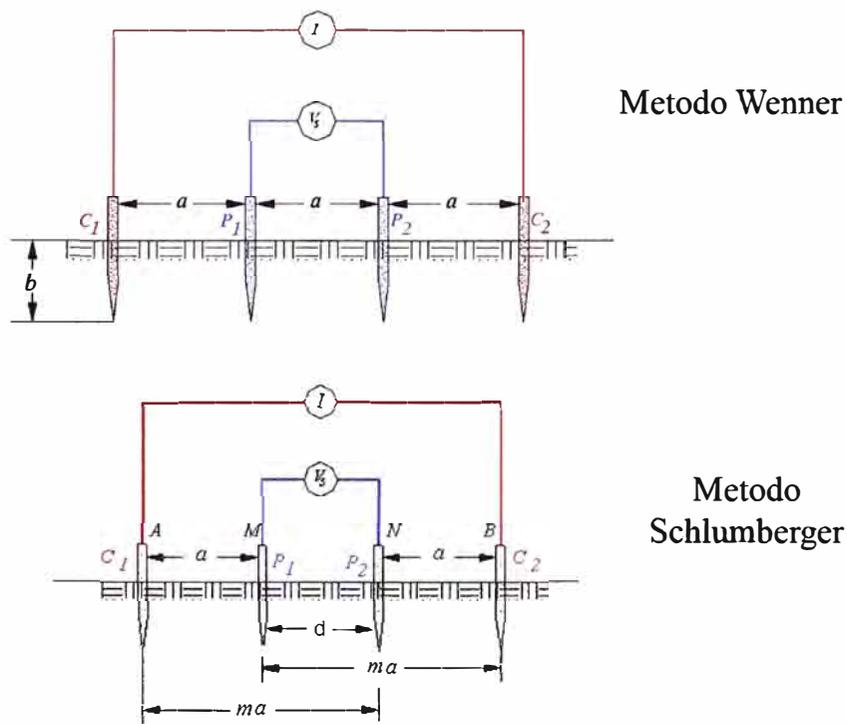


Fig. 3.9 Metodo Wenner y Schlumberger

a) Método de Frank Wenner

Este método, se basa en la aplicación del principio de caída potencial, donde se toman cuatro electrodos (A, P1, P2 y B), ubicados sobre una línea recta, separados a igual distancia "a" entre ellos como muestra la siguiente figura /4/.

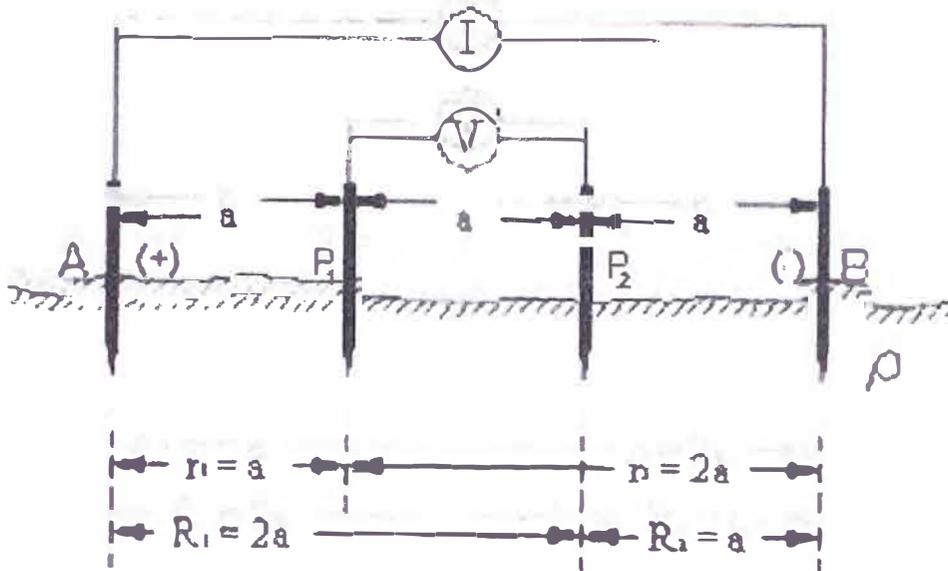


Fig. 3.10 Método de Wenner

Siendo su resistividad:

$$\rho = 2\pi \frac{V}{I} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right)^{-1} = 2\pi \frac{Va}{I} = 2\pi Ra$$

b) Método de Schlumberger

En este método los cuatro electrodos se ubican sobre una línea recta y la distancia de los electrodos detectores de potencia P1 y P2 que permanecen fijos, es mucho menor que los electrodos inyectores de corriente A y B, que son los que se trasladan, como muestra la siguiente figura:

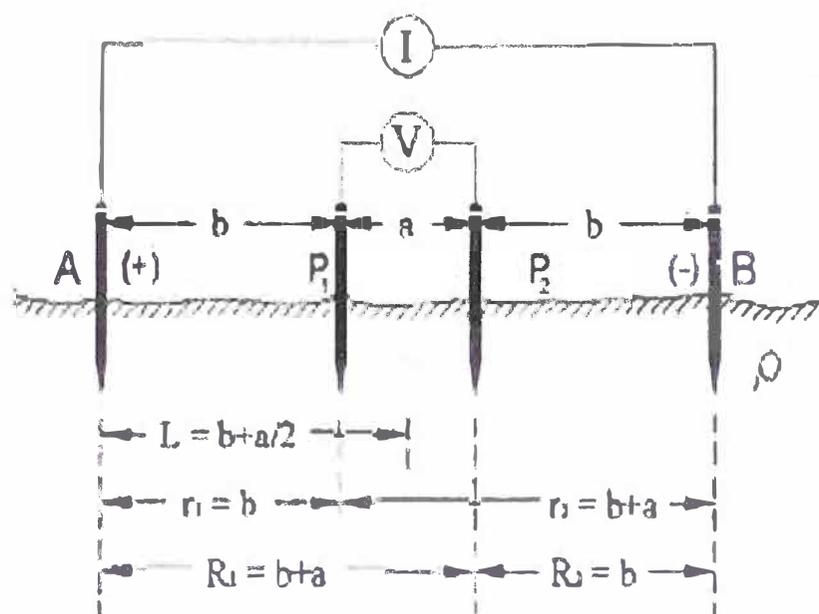


Fig. 3.11 Método de Schlumberger

Siendo su resistividad:

$$\rho = 2\pi \frac{V}{I} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{b+a} - \frac{1}{b+a} + \frac{1}{a} \right)^{-1} = 4\pi R \frac{b(b+a)}{a}$$

3.2.3 Tensión de paso y Tensión de toque

a) Tensión de Paso

La tensión de paso es la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso, que se asimila a un metro en la dirección del gradiente de potencial máximo

Cuando las dimensiones del sistema de tierra son pequeñas; el gradiente de potencial respecto a una distancia x del lugar; no dependerá más que de x e I .

En terreno homogéneo de resistividad ρ , el gradiente de potencial tiene por expresión:

$$G_x = 0,16 \cdot \frac{\rho \cdot I}{x^2}$$

Cuando el sistema de puesta a tierra es de gran extensión y están constituidas generalmente por conductores enterrados horizontalmente; en este caso el gradiente de potencial en la proximidad de un conductor depende :

$$G_M = 0,16 \cdot \frac{\rho \cdot (I_F / L)}{h}$$

Este gradiente, es nulo en la vertiente del conductor y toma su valor máximo a uno y otro lado del mismo, a una distancia semejante a la profundidad de enterramiento h

El potencial de paso máximo :

$$V_{P_{MAX}} = (1000 + 6 \cdot \rho_S) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

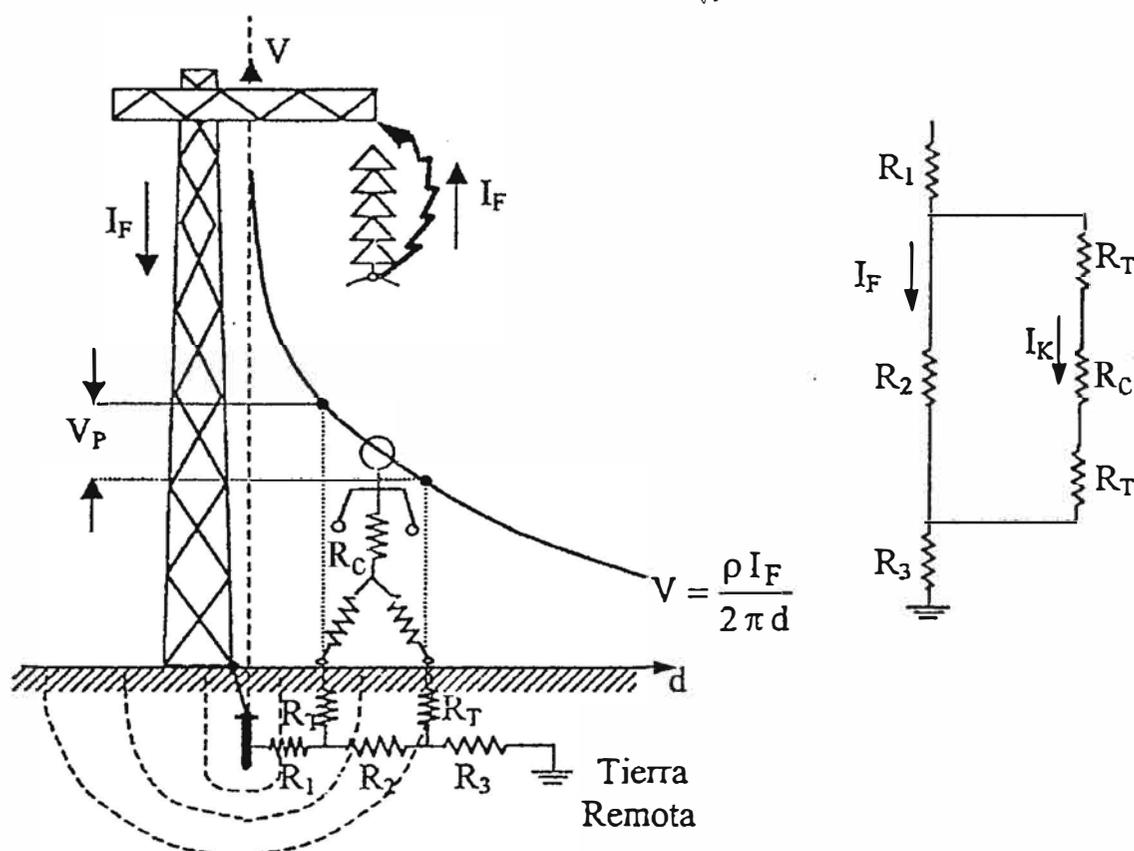


Fig. 3.12 Esquema de la tensión de paso

b) Tensión de toque

El peligro más grande para las personas durante la circulación de una corriente de puesta a tierra es la de doble contacto del cuerpo por una parte, con una estructura unida a los electrodos de tierra por su superficie de apoyo o fijación y por otra al terreno a una distancia del orden de un metro.

$$V_{T_{MAX}} = \left(1000 + \frac{3 \cdot \rho_S}{2}\right) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

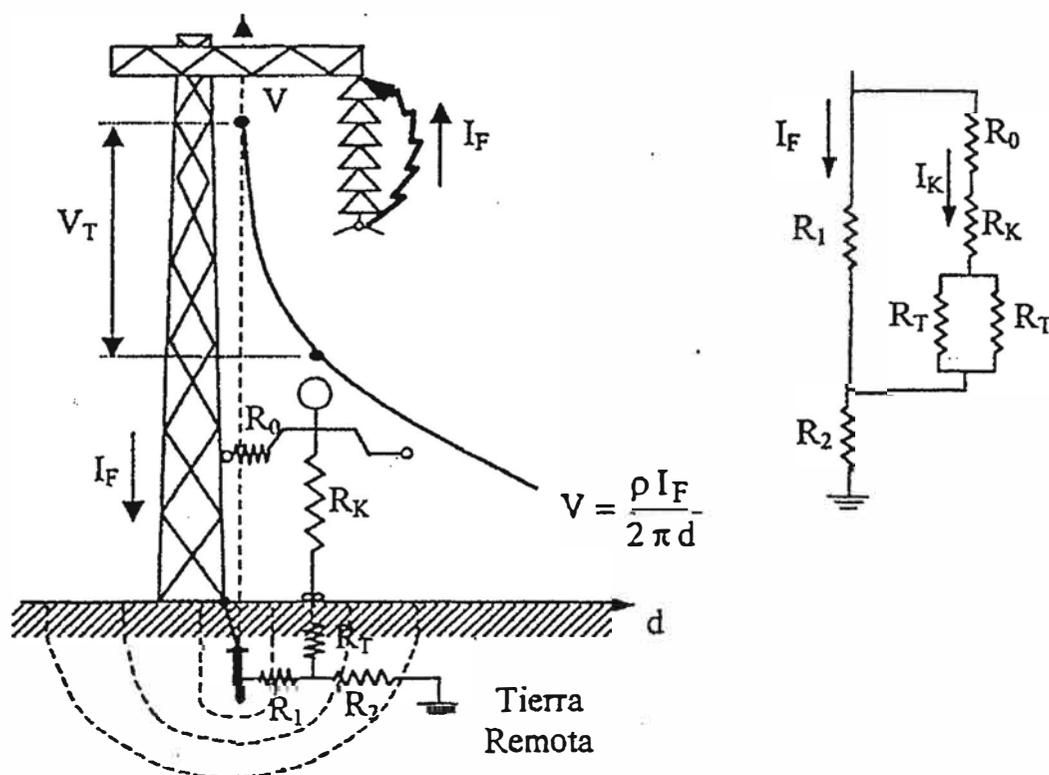


Fig. 3.13 Esquema de la tensión de toque

3.3 Definición de términos

Durante todo diseño, estudio y obras, existen algunas confusiones y muchos mitos en lo referente a la conexión a tierra en un sistema eléctrico de distribución. Este informe cubre todos los aspectos importantes sobre "Puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución de corrientes alterna y directa", la cual es aplicable a todo tipo de industria, y se destaca en forma especial la industria de telecomunicaciones, electrónica y computación.

El tema conexión a tierra es difícil, no por los conceptos intrínsecos de la materia, sino principalmente debido a la interpretación errónea y a la gran cantidad de términos usados en libros, artículos técnicos y otras publicaciones sobre el tema. Se habla de:

Tierra, masa, tierra física, tierra del circuito, conductor de tierra, conductor de conexión a tierra, conductor del electrodo de tierra, conductor conectado a tierra, tierra de seguridad, tierra de protección, tierra del equipo, tierra aislada, tierra separada, tierra dedicada, tierra del sistema, tierra de señal, tierra de referencia de señal, ... /5/.

Además de otros tantos vocablos que a través de los años han inventado las industrias electrónica y de computadoras.

Esta confusión también la crean manuales, estándares y especificaciones, algunas veces escritos por ingenieros especializados en señal y otras veces por ingenieros de potencia, quienes no siempre están de acuerdo en cuanto a la percepción y solución de estos nuevos problemas. A continuación se hace un resumen de algunas terminologías a usarse: /5/

- **Toma de Tierra:** Cuerpo conductor, o conjunto de cuerpos conductores, en contacto eléctrico con tierra, concebido o utilizado para dispersar las corrientes eléctricas por el terreno.
- **Conductor a Tierra:** Conductor o conjunto de conductores que enlazan la toma de tierra al colector de tierra. Tratándose de conexiones parcialmente enterrados, esta definición es válida únicamente para los tramos aislados eléctricamente del terreno, mientras que los tramos en contacto con el terreno forman parte de la toma de tierra.
- **Colector de Tierra:** Conductor en forma de barra o de anillo al que están conectados, por un lado, el conductor o conductores de tierra y, por otro, el sistema de distribución de tierra.
- **Sistema de Distribución de Tierra:** Conjunto de conductores que enlazan al colector de tierra las distintas partes que han de ponerse a tierra.
- **Instalación de Tierra:** Conjunto formado por la toma de tierra, el conductor o los conductores de tierra, el colector de tierra y e sistema de distribución de tierra.
- **Instalación de Tierra de Servicio:** Instalación de tierra utilizada para el funcionamiento de un equipo de telecomunicación.
- **Instalación de Tierra de Protección:** Instalación de tierra empleada para limitar a valores inofensivos las sobretensiones accidentales.
- **Instalación de Tierra Separadas:** Instalaciones de tierra con tomas de tierra distintas, concebidas de manera que, durante su funcionamiento, su influencia recíproca no sea sensible (desde el punto de vista del riego o del funcionamiento).
- **Poner a tierra:** Conectar un equipo de telecomunicación a una instalación de tierra.
- **Tensión de Contacto:** Tensión a que puede estar sometido el cuerpo humano como consecuencia del contacto con partes metálicas accesibles que, por regla general, no están bajo tensión pero que, por defectos de aislamiento o por otras causas, podrían encontrarse bajo tensión.

- **Interconexión para Igualación del Potencial:** Interconexión de las partes metálicas independientes por medio de un conductor de sección apropiada cuyo fin es de eliminar las diferencias de potencial entre las estructuras metálicas, en los casos en los que estas diferencias puedan constituir un peligro para el personal y para el equipo.

Para este informe se ha seguido también las terminologías que se indican en el código nacional de electricidad, en su sección terminologías (T-Seccion27.pdf). Ver más detalles en el Anexo F.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA PARA LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

En este capítulo se plantearán algunas alternativas de solución referente a las problemáticas analizadas en el capítulo II, luego en base a las normas técnicas y los criterios del código nacional de electricidad se detallará el procedimiento óptimo a seguir para una correcta instalación de puesta a tierra, nombrándose finalmente los recursos que harán una óptima instalación de un sistema de puesta a tierra.

4.1 Alternativas de solución.

En la ingeniería de puesta a tierra, dentro de los sistemas electrotécnicos la puesta a tierra juega un papel muy importante, ya que cuando es abordada con base en la geoelectrica, tomando en consideración elementos de las tecnologías médicas y sociales (electrofisiología, sociología industrial, técnica de la seguridad, etcétera) se conforma una genuina tecnología de la acción, es decir, una ingeniería formal. En tales circunstancias es válido establecer el concepto de "ingeniería de puesta a tierra" y definirla así: "Es la tecnología de la acción que se ocupa de la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos sustantivos, pero también de conocimientos empíricos comprobados, dirigidos hacia la eficiente, segura y económica utilización de la tierra como elemento eléctrico para diversos fines".

La ingeniería de puesta a tierra se ocupa del eficiente, seguro y económico traspaso de corrientes eléctricas, de diversa naturaleza, hacia la tierra en las variadas instalaciones electrotécnicas. El conocimiento y dominio de esta rama profesional son necesarios para ingenieros en electrotecnia, quienes ejercen tanto en el ámbito de la técnica de la energía y potencia eléctricas como en el de las comunicaciones eléctricas, considerando la importancia que tiene el proceso de la propagación de las corrientes eléctricas a través de la tierra, ya sea de manera deseable o no, así como por actuar como polo eléctrico en ciertos procesos técnicos (por ejemplo, en telecomunicaciones).

Su trascendencia radica en procurar seguridad para los seres vivos, personas y animales, que se encuentren sobre o en las cercanías de un sistema de tierra de una instalación electrotécnica durante un eventual traspaso de corriente hacia la tierra, pero también en beneficio sobre el grado de eficiencia de los procesos técnicos involucrados y, por supuesto. En el monto de los recursos necesarios para la realización de las instalaciones, de puesta a tierra y, por ende, en el de la instalación electrotécnica en que esté emplazada.

El factor social (la seguridad de los seres vivos) es la preocupación primordial al diseñar cualquier sistema de tierra, ya sea de servicio o de protección. El sistema debe ser planeado tomando en cuenta las exigencias de seguridad (voltajes de contacto y de paso, por ejemplo) basadas, principalmente, en las recomendaciones de la electrofisiología del trabajo, así como en los reglamentos y normas establecidos al respecto. En relación con esto, vale la pena señalar que desde el principio de la ciencia eléctrica, los hombres se plantearon preguntas acerca de la circulación de la electricidad por diversas materias, por el cuerpo humano y por la tierra misma, así como de sus posibles efectos; por supuesto, hombres con mente inquisitiva, prácticamente sin contar con facilidades apropiadas, se aventuraron a explorar a la "nueva naturaleza" (como ellos llamaban a la electricidad).

Teniendo en cuenta el diseño, montaje, medición, mantenimiento y aplicaciones de nuevas tecnologías, se plantea las siguientes alternativas de solución:

- Optimizar la correcta supervisión de suministro y montaje de materiales de puesta a tierra.
- Durante el replanteo de Obra se debe verificar las resistividades para definir la correcta ubicación de las SEs y el tipo de puesta a tierra a instalarse.
- Utilizar factores de corrección, ya que el montaje de las PAT se realizan en diferentes climas.
- Utilizar nuevas tecnologías en la implementación de las PAT
- Utilizar sistemas de construcción de PAT, tal que su mantenimiento no sea muy constante. Por ejemplo los pozos ecológicos.
- Incentivar a las empresas consultoras, que desarrollen nuevos procedimientos y metodologías en sus diseños de PAT.
- Las mediciones deben estar dentro de los valores normados, por lo que la medición de la puesta a tierra de una subestación, se debe hacer con toma de valores y formando la curva de inflexión que me determine el valor de la puesta a tierra, lo cual no se hace en obra.

- ❑ Hacer uso de Software sofisticados tanto para el diseño como para el montaje de las PAT.
- ❑ Los usuarios finales (abonados), pueden contar con su propia puesta a tierra, fortaleciendo así el principio de equipotencialidad, haciendo el sistema mas estable y eficiente.
- ❑ Usar el principio de equipotencialidad, este tipo de configuración es óptima porque reduce las diferencias de potencial entre partes de la misma instalación, baja la resistencia global, es de mínimo costo, es el más simple, es más fácil de prever su comportamiento eléctrico, requiere mínimo análisis de acoplamientos y aislamientos, distribuye mejor las corrientes de falla y sobre todo es más segura y confiable

En los últimos años se ha dado una gran importancia al sistema de conexión a tierra debido a la proliferación de equipos electrónicos sensibles, que requieren una tierra libre de ruidos eléctricos. Muchos países como el nuestro, se encuentran expuestos a una alta incidencia de tormentas eléctricas, por lo que sufren continuamente daños en sus modernos equipos electrónicos, debido a sus prácticas erradas de conexión a tierra. Es muy seguro que si un sistema a tierra está mal instalado o es deficiente, los equipos electrónicos sufrirán daños irreparables si se presenta una descarga atmosférica. Asimismo, debemos tener en cuenta que el código nacional de electricidad es un documento muy amplio y con cierta complejidad para su lectura, lo que conlleva a malas interpretaciones.

Finalmente con este informe quedará aclarado el significado del Código y las prácticas correctas de puesta a tierra, para diferentes circuitos y sistemas dentro de un ambiente eléctrico diferente. Los principios fundamentales no son los mismos para un sistema a tierra que funciona en zonas de descargas atmosféricas y zonas costeras, ya que los métodos correctos de conexión a tierra para diferentes sistemas dependen del ambiente eléctrico al cual están expuestos.

4.2 Procedimiento óptimo para las instalaciones de Puestas a Tierra.

En este punto se mencionará las normas y procedimientos que indican las normas técnicas rurales y el código nacional de electricidad, a usarse en instalaciones de puesta a tierra, las que servirán como base de la metodología a seguir para tener un eficiente sistema de puesta a tierra. Para esto lo clasificaremos en líneas y redes primarias en 22,9/13.2 kV, subestaciones de distribución y redes secundarias 380/220 V y 440/220 V. El presente informe hace una síntesis o extracto de las normas de sistema de distribución, en cuanto a puestas a tierra se refiere de tal manera que los profesionales conozcan y tengan en cuenta las consideraciones de las normas técnicas rurales y el código nacional de electricidad. El cuadro resumen se muestra en el ANEXO G.

4.2.1 Normas y procedimientos a usarse en instalaciones de puesta a tierra

a) Líneas y redes primarias.

Los soportes normalizados de las líneas y redes primarias, ya sean monofásicos, bifásicos o trifásicos, en algunos puntos de la distribución de estructuras llevan puesta a tierra a través de un conductor de cobre recocado de sección según requerimiento de diseño.

Los detalles de conexión a tierra, los tipos de puesta a tierra, la implicancia de zonas con descargas atmosféricas y otros puntos que determinan la instalación de una puesta a tierra en sistemas de distribución, la podemos extraer de las Normas Técnicas Rurales de la DGE-MEM y del Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001, las que se indican a continuación.

Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural”

Las estructuras serán puestas a tierra mediante conductores de cobre fijados a los postes y conectados a electrodos verticales de copperweld clavados en el terreno.

Se pondrán a tierra, mediante conectores, las siguientes partes de las estructuras:

Las espigas de los aisladores tipo PIN (sólo con postes y crucetas de concreto).

Los pernos de sujeción de las cadenas de suspensión angular y de anclaje (sólo con postes y crucetas de concreto).

El conductor neutro, en caso que existiera.

Los soportes metálicos de los seccionadores – fusibles.

El borne pertinente de los pararrayos.

Los detalles constructivos de la puesta a tierra se muestran en los planos del proyecto.

Posteriormente a la instalación de puesta a tierra, el Contratista medirá la resistencia de cada puesta a tierra y los valores máximos a obtenerse serán los indicados en los planos de las subestaciones de distribución y en las planillas de estructuras de líneas y redes primarias.

La medición será por conjunto. El conjunto incluirá la fijación del conductor de bajada en los postes y la instalación del electrodo vertical y la medición de la resistencia de puesta a tierra. En estructuras bipostes se considerarán 2 conjuntos y 3, en las estructuras de tres postes. /6/.

Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural”

El Anexo A, hace referencia a las Laminas 077 y 078 de la Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural” en sus Laminas 077 y 078, donde se muestran los detalles de puesta a tierra de las diversas partes de las estructuras normalizadas /1/. Estas especificaciones las podemos observar en las figuras 4.1 y 4.2.

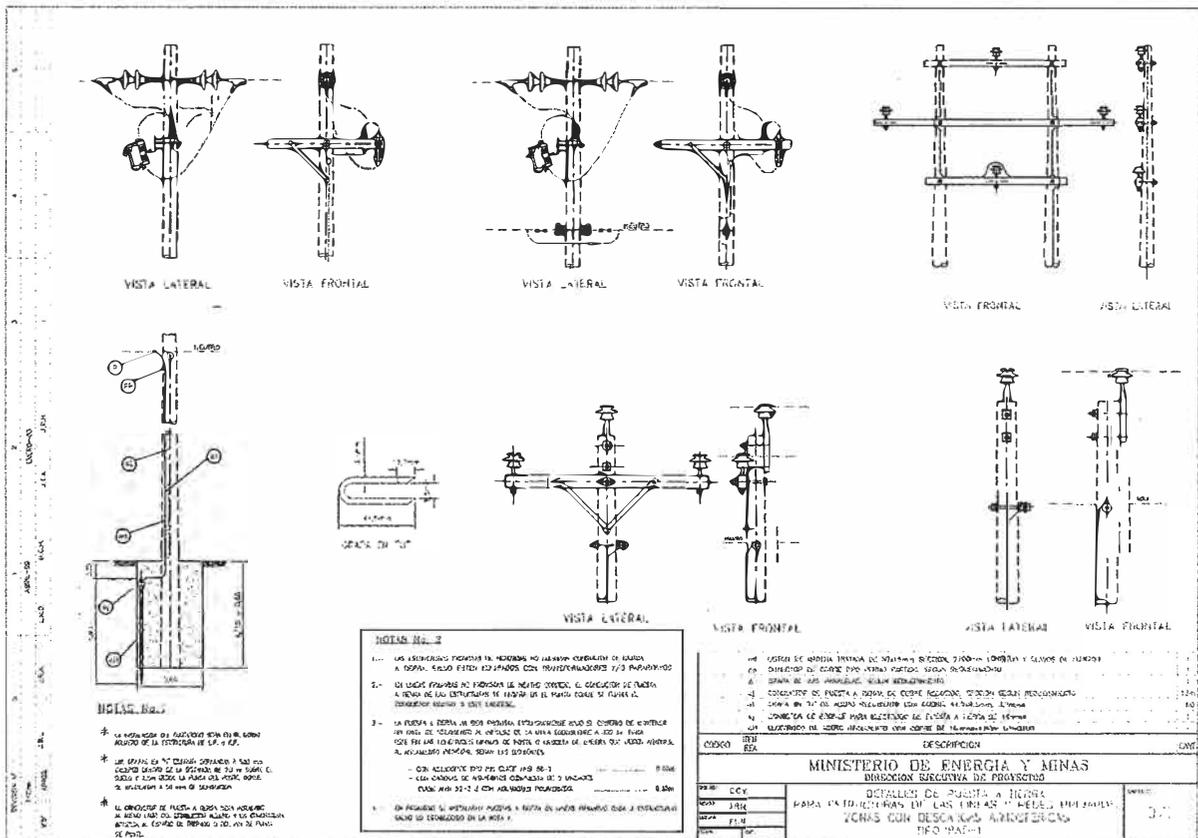


Fig. 4.1. Detalle de puesta a tierra para estructuras de líneas y redes primarias en zonas con descargas atmosféricas. Tipo PAT-1.

A continuación se analiza de cada uno de los criterios mencionados a fin de determinar cuáles deben ser los aplicables a las líneas y redes primarias de electrificación rural.

· **Seguridad de las personas**

Este es el criterio más exigente, puesto que toma en cuenta las tensiones de toque, paso y de transferencia; en consecuencia no sólo es necesario obtener un bajo valor de la resistencia de puesta a tierra, sino también una adecuada configuración de ésta para reducir el gradiente de potencial. Este criterio sólo se aplica a las subestaciones de distribución. En las líneas primarias, sobre todo en las de electrificación rural, debido a su recorrido por zonas con escaso tránsito de personas, no se toma en cuenta este criterio.

· **Operación del sistema**

Sistemas con neutro corrido

En este tipo de sistemas, el criterio es el de obtener una resistencia equivalente total de todas las puestas a tierra, menor o igual a 3 Ohm para garantizar que durante una falla de fase a tierra, el fenómeno de desplazamiento del neutro no produzca sobretensiones importantes en las fases no falladas. A este respecto, el nuevo Código Nacional de Electricidad Suministro y el NESC (National Electrical Safety Code) establecen que en las líneas primarias deben instalarse por lo menos 4 puestas a tierra por milla (1648 m), es decir, aproximadamente cada 3 estructuras, aunque no define valor alguno de resistencia de puesta a tierra. Sin embargo, un ejemplo podría demostrar que el objetivo de una resistencia total reducida se cumple. De modo aproximado, si una línea tuviese 20 puestas a tierra y que cada una presentase una resistencia de 60 Ohm, el valor equivalente sería aproximadamente 3 Ohm. Este criterio debe aplicarse con cuidado en las redes de corta longitud, generalmente asociadas a pequeñas centrales hidroeléctricas que suministran energía a pocas localidades.

Sistemas sin neutro corrido con ramales monofásico a la tensión entre fases

Desde el punto de vista de la operación del sistema, la puesta a tierra de las estructuras de las líneas primarias no representa un papel importante, incluso podría prescindirse de ellas sin poner en riesgo la operación del sistema.

Sistemas sin neutro corrido y con retorno total por tierra

En este tipo de sistemas, las únicas puestas a tierra importantes, desde el punto de vista de la operación, son las que corresponden al neutro del transformador de potencia y a la subestación de distribución; la subestación de potencia presenta por lo general, resistencias menores a los 3 Ohm, por lo que realmente importa es la resistencia de puesta a tierra de la subestación de distribución.

· Descargas atmosféricas

De manera general, las líneas primarias ubicadas en la sierra y selva, debido a los recorridos por zonas naturalmente apantallados por cerros o árboles están más expuestas a sobretensiones por descargas indirectas, que por descargas directas; en tal sentido, en líneas de electrificación rural, sólo se toma en cuenta las sobretensiones indirectas o inducidas.

Las normas norteamericanas y sudafricanas que han servido de base para la normalización de la Coordinación de Aislamiento en líneas de media tensión, establecen que las sobretensiones inducidas, por lo general, no superan el valor de 300 kV. Por lo tanto, para conseguir este valor, se aprovecha la característica de aislante al impulso de la madera, mediante el uso de una parte del poste y la cruceta de madera, que sumado al aislamiento principal (de porcelana o polimérico) pueda obtenerse una tensión disruptiva (CFO) entre 250 y 300 kV.

En sistemas con neutro corrido, las puestas a tierra dimensionadas para la operación del sistema y descritos anteriormente, satisfacen, también, los requerimientos para la protección contra descargas atmosféricas.

En sistemas sin neutro corrido, el dimensionamiento de la puesta a tierra se ha basado en el Código Nacional de Electricidad Suministro, en el NESC y en normas sudafricanas, estas últimas están previstas para sistemas convencionales de media tensión (no necesariamente de electrificación rural) y para zonas con intensas descargas atmosféricas. En vista que las líneas que se proyectan en la Electrificación Rural se ubican en zonas con niveles isocerámicos menores de 40, se aplica el criterio de poner a tierra cada 3 estructuras.

Los tramos de línea sin puesta a tierra presentan un nivel de aislamiento muy grande, sobre todo en sistemas monofásicos con retorno total por tierra, permitiendo que las sobretensiones de elevado valor viajen por los conductores y lleguen a las subestaciones de distribución; por lo tanto, las 2 estructuras más próximas a la subestación de distribución deberán necesariamente estar provistas de puestas a tierra para que la corriente de descarga a través de los pararrayos no sea muy elevada.

En líneas primarias sin cable de guarda, el valor de resistencia de puesta a tierra no es importante; puede aceptarse, sin ningún inconveniente, valores hasta de 500 Ohm, por lo que no es necesario medir la resistividad eléctrica del terreno, ni la resistencia de puesta a tierra luego de instalada.

En zonas no apantalladas por elementos naturales del terreno donde las líneas estén expuestas a descargas atmosféricas directas, y donde se prevea un excesivo número de

desconexiones (o flameos) previsto, podrá utilizarse cable de guarda; pero en este caso, deberá calcularse la confiabilidad de la línea tomando como base el número de salidas por falla del apantallamiento (shielding failure) y flameo inverso (back flashover); en este caso, además de incrementar el nivel de aislamiento a 400 o 500 kV, la resistencia de puesta a tierra de cada estructura deberá estar comprendida entre 10ohm y 15 Ohm.

· **Facilidad para el recorrido de corrientes de fuga**

En la costa peruana, debido a la ausencia de descargas atmosféricas, no es necesario el incremento del nivel de aislamiento de las líneas y redes primarias; por el contrario, las corrientes de fuga que recorren por la superficie de los aisladores debido a la presencia de elementos contaminantes, pueden producir el incendio de crucetas cuando no se tiene el cuidado de eliminar los espacios de aire en el recorrido de la corriente de fuga a tierra. Por esta razón, todas las estructuras ubicadas en zonas de costa llevarán la puesta a tierra desde los herrajes de los aisladores. En este caso, debido a la pequeña magnitudes de las corrientes de fuga, no será necesario el uso de electrodos verticales sino sólo un anillo alrededor del poste en la base, hecho con el mismo conductor de bajada. En las estructuras de seccionamiento y en subestaciones de distribución deberán instalarse necesariamente electrodos verticales hasta alcanzar el valor de resistencia de puesta a tierra que se indica en los planos del proyecto /2/.

Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001

Así mismo, el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001, Sección 3, “Métodos de Puesta a Tierra para Instalaciones de Suministro Eléctrico y Comunicaciones”, es claro en mencionar que su objetivo es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra como un medio de protección para los trabajadores y el público contra daños causados por un gradiente de potencial eléctrico, como por ejemplo la electrización de estructuras, carcazas, mensajeros, etc., normalmente no energizados /7/. Los puntos concernientes a este tema son los siguientes:

Cables mensajeros y retenidas

032.C.1. Cables mensajeros

Los cables mensajeros que requieran ser puestos a tierra serán conectados a conductores de puesta a tierra en postes o estructuras según los intervalos máximos indicados a continuación:

032.C.1.a. Donde los cables mensajeros sean apropiados como conductores de puesta a tierra del sistema (reglas 033.C.1, 033.C.2 y 033.C.5), se efectuará por lo menos una conexión dentro de cada intervalo de 400 m.

032.C.1.b. Donde los cables mensajeros no sean apropiados como conductores de puesta a tierra del sistema, se efectuará por lo menos una conexión en cada intervalo de 200 m.

032.C.2. Retenidas

Las retenidas que requieran ser puestas a tierra serán conectadas a uno o más de los siguientes puntos:

032.C.2.a. Una estructura metálica de soporte, puesta a tierra.

032.C.2.b. Una puesta tierra efectiva en una estructura no metálica.

032.C.2.c. Un conductor que posea al menos una conexión a tierra cada 400 m de línea, en adición a las conexiones de puesta a tierra de las acometidas individuales.

032.C.3. Puesta a tierra común de cables mensajeros y retenidas en la misma estructura de soporte

032.C.3.a. Cuando se requiera que cables mensajeros y retenidas ubicados en la misma estructura de soporte sean puestos a tierra, los cables mensajeros y retenidas serán enlazados equipotencialmente entre ellos y puestos a tierra mediante conexión a:

032.C.3.a(1) Un conductor de puesta a tierra que esté conectado a tierra en la estructura, ó

032.C.3.a(2) Conductores separados de puesta a tierra o cables mensajeros puesto a tierra que estén conectados entre ellos y conectados a tierra en la estructura, o

032.C.3.a(3) Uno o más conductores de línea puestos a tierra o mensajeros puestos a tierra que están (a) conectados entre ellos en esta estructura o en otro lugar y (b) con puesta a tierra múltiple según los intervalos indicados en las reglas 032.C.1 y 032.C.2.

032.C.3.b. En estructuras de cruce comunes, los cables mensajeros y las retenidas que requieran ser puestos a tierra serán conectados entre ellos en la estructura y conectados a tierra en conformidad con la regla 032.C.3.a /7/.

b) Subestaciones de distribución

Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural”

Esta norma, en su sección Montaje de Subestaciones de Distribución, indican lo siguiente:

El Contratista deberá verificar la ubicación, disposición y orientación de las subestaciones de distribución y las podrá modificar con la aprobación de la Supervisión.

El Contratista ejecutará el montaje y conexionado de los equipos de cada tipo de subestación, de acuerdo con los planos del proyecto.

El transformador será izado mediante grúa o cabría, y se fijará a las plataformas de estructuras bipostes mediante perfiles angulares y pernos. Los transformadores monofásicos se fijarán directamente al poste mediante pernos y accesorios adecuados.

El lado de alta tensión de los transformadores se ubicará hacia el lado de la calle y se cuidará que ningún elemento con tensión quede a menos de 2,0 m de cualquier objeto, edificio, casa, etc.

El montaje del transformador será hecho de tal manera que garantice que, aún bajo el efecto de temblores, éste no sufra desplazamientos.

Los seccionadores fusibles se montarán en crucetas de madera siguiendo las instrucciones del fabricante. Se tendrá cuidado que ninguna parte con tensión de estos seccionadores-fusibles, quede a distancia menor que aquellas estipuladas por el Código Nacional de Electricidad, considerando las correcciones pertinentes por efecto de altitud sobre el nivel del mar.

Se comprobará que la operación del seccionador no afecte mecánicamente a los postes, a los bornes de los transformadores, ni a los conductores de conexionado. En el caso de que alguno de estos inconvenientes ocurriera, el Contratista deberá utilizar algún procedimiento que elimine la posibilidad de daño; tal procedimiento será aprobado por la Supervisión.

Los seccionadores-fusibles una vez instalados y conectados a las líneas de 22,9/13,2 kV y al transformador, deberán permanecer en la posición de "abierto" hasta que culminen las pruebas con tensión de la línea.

Los tableros de distribución suministrados por el fabricante, con el equipo completamente instalado, serán montados en los postes, mediante abrazaderas y pernos, según el tipo de subestación.

Las puertas de las cajas de distribución estarán orientadas hacia la calle. El conexionado de conductores en 22,9/13,2 kV o en baja tensión se hará mediante terminales de presión y fijación mediante tuercas y contratueras. El conductor para la conexión del transformador al tablero de distribución y de éste a los circuitos exteriores de distribución secundaria, será del tipo NYY y de las secciones que se indican en los planos del proyecto /6/.

Las Normas de Electrificación Rural consideran el uso de una sola puesta a tierra en la subestación de distribución sustentado en la Norma ANSI C57.12.20-1974:

Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural”

En cuanto a la instalación de las puestas a tierra en las subestaciones, los detalles la encontramos en las siguientes láminas (Anexo H) de esta norma:

- 060 S.E. Monofásica monoposte en fin de línea sin pararrayos/ con pararrayos
- 061 S.E. Monofásica monoposte, en alineamiento sin pararrayos/ con pararrayos
- 062 S.E. Bifásica monoposte, en fin de línea sin pararrayos/ con pararrayos
- 063 S.E. Bifásica monoposte, en alineamiento sin pararrayos/ con pararrayos
- 064(1/2) Subestación trifásica biposte
- 064(2/2) Subestación trifásica biposte /1/.

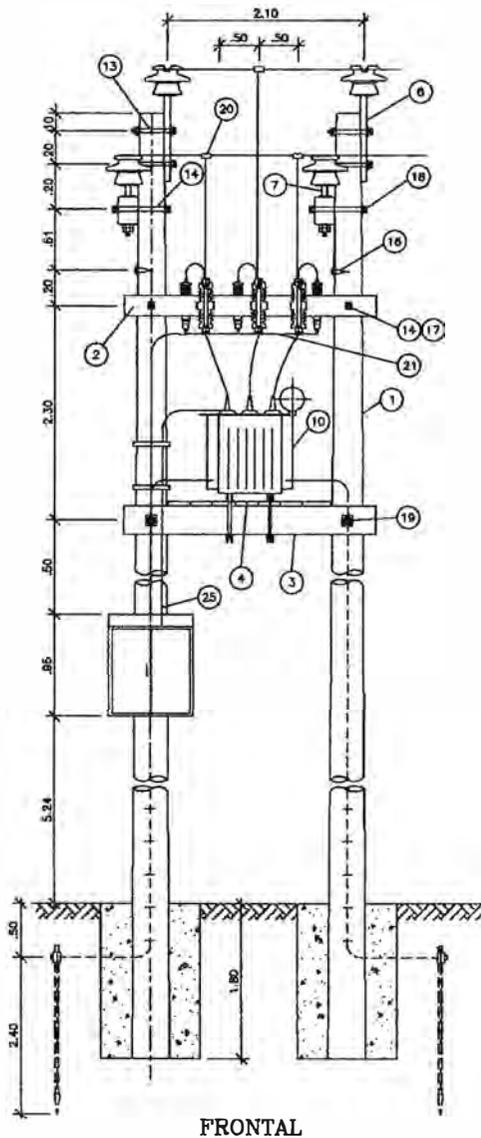


Fig. 4.3 Puesta a tierra en una subestación trifásica /1/.

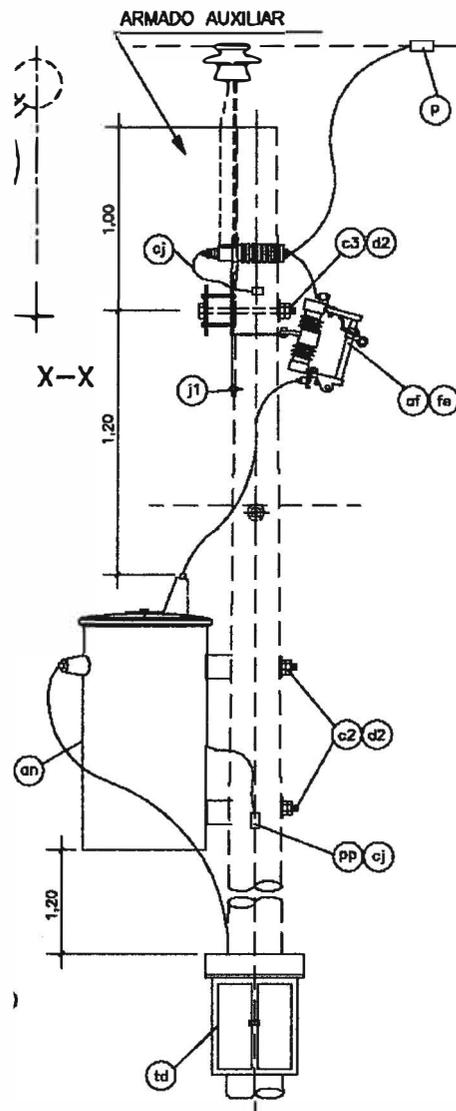


Fig. 4.4 Puesta a tierra en una subestación monofásica /1/.

Norma DGE “Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural”

Antecedentes

Para los proyectos de electrificación rural, la DGE/MEM, basado en normas internacionales y en los criterios que actualmente se aplican, ha normalizado la instalación de una sola puesta a tierra tanto para la media tensión como para la baja tensión.

Análisis de los criterios para el dimensionamiento de Las puestas a tierra en las subestaciones de Distribución

Los criterios aplicados por la DGE/MEM para la definición de la configuración de las puestas a tierra en subestaciones de distribución, son los siguientes:

- Para la mejor protección del transformador de distribución contra las sobretensiones de origen atmosférico, el pararrayos debe estar ubicado lo más cerca posible al equipo, y su borne de tierra debe estar conectado al tanque del transformador; en el Anexo A se presenta la disposición de los pararrayos y las formas de conexión a tierra recomendadas por la Guía de aplicación de Pararrayos ANSI Std C62.22 1997.
- El numeral 5.1.3 de la norma de transformadores de distribución ANSI C57.12.20-1974 establece que los terminales neutros de los transformadores monofásicos, tanto del lado de media tensión como el de baja tensión deben unirse mediante pernos al tanque del transformador; como se puede apreciar, esta configuración es compatible con lo expresado en el párrafo anterior para la adecuada conexión del pararrayos.
- De lo expresado en los párrafos anteriores se concluye que en el tanque del transformador se deben unir los neutros de la media y la baja tensión y el borne de tierra del pararrayos y, para evitar que existan diferencias de potencial entre el tanque del transformador y tierra, debe existir una sola conexión entre éstos /2/.

Definición de los valores máximos de resistencia de Puesta a tierra

- La resistencia de las puestas a tierra de las subestaciones de distribución, sin tomar en cuenta las de la red secundaria, deben tener los siguientes valores máximos:
En subestaciones trifásicas y monofásicas conectadas entre fases (bifásicas): 25 Ohm.

En transformadores monofásicos de sistemas con retorno total por tierra: los siguientes valores de acuerdo a la potencia de los transformadores /2/.

Tabla 4.1 Valores de puesta a tierra en subestaciones MRT /2/.

Potencia del transformador kVA	Resistencia de puesta a tierra en ohm
5	25
10	25
15	20
25	15

Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001

Así mismo, el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001, Sección 3, “Métodos de Puesta a Tierra para Instalaciones de Suministro Eléctrico y Comunicaciones”, indica los siguientes criterios /7/.

036. Requerimientos de resistencia de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra deberán ser diseñados para minimizar peligros eléctricos al personal y deberán tener resistencias a tierra suficientemente bajas para permitir la rápida operación de los dispositivos de protección de circuitos. Los sistemas de puesta a tierra pueden consistir de conductores enterrados y de electrodos de puesta a tierra.

036.A. Estaciones de suministro

Las estaciones de suministro pueden requerir amplios sistemas de puesta a tierra que consisten de múltiples conductores enterrados, de múltiples electrodos de puesta a tierra, o una combinación de ambos conectados entre ellos. Los sistemas de puesta a tierra deberán ser diseñados para limitar los potenciales de toque, de paso y potenciales transferidos, según prácticas vigentes.

036.B. Sistemas puestos a tierra en un punto.

La puesta a tierra con un solo electrodo deberá, tener una resistencia a tierra que no exceda 25 Ohm. Si la resistencia con un solo electrodo excede 25 Ohm, deberá utilizarse dos electrodos conectados en paralelo.

NOTA: Pueden presentarse casos especiales donde los valores de resistencia eléctrica del sistema de puesta a tierra cumplan con lo indicado en este código, pero el sentido práctico y la experiencia para esta especial situación obligue a disponer de una menor resistencia, por lo que –indistintamente se cumpla- lo que siempre deberá asegurarse del sistema es que ante una falla no se presenten tensiones de toque o de paso *peligrosas*.

Cuando tenga que disminuirse la resistencia de puesta a tierra se podrá usar otros métodos, como puede ser el empleo de tratamiento químico o suelos artificiales, que deberá ser aceptable y certificado por una entidad especializada e imparcial competente, asegurándose que dicho tratamiento no atenten contra el medio ambiente /7/.

c) **Redes secundarias**

Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Montaje de Redes Secundarias con Conductor Autoportante para Electrificación Rural”

Puesta a tierra

Se pondrá a tierra, mediante conectores bimetálicos, el conductor portante del cable autoportante, que al mismo tiempo es el neutro del sistema.

Las estructuras que llevarán puesta a tierra estarán plenamente identificadas en los planos de recorridos de redes secundarias.

Cuando se trate de postes de madera, el conductor de bajada se fijará a éstos mediante grapas en “U” espaciados según se indiquen en los planos. En postes de concreto, el conductor de bajada se instalará dentro del agujero central a lo largo del poste.

Los electrodos de puesta a tierra se instalarán preferentemente clavándose en el terreno; sin embargo, donde, debido a la naturaleza del terreno, no sea posible esta forma de instalación, se abrirán agujeros de las dimensiones necesarias que, luego de instalarse el electrodo, se rellenarán con material de préstamo adecuado.

Concluida la instalación de las puestas a tierra, el Contratista medirá la resistencia de puesta a tierra del conductor neutro de toda la red secundaria; su valor no deberá ser, en ningún caso, mayor a 3 ohm.

En caso que no pudiera obtenerse el valor indicado, se instalarán puestas a tierra adicionales hasta conseguirlo. En ningún caso se utilizarán rellenos especiales como sal, carbón o compuestos químicos tipo Gel, para reducir el valor de la resistencia /8/.

Medición

La medición será por conjunto. El conjunto incluirá la fijación del conductor de bajada en los postes, la instalación del electrodo vertical y la medición de la resistencia de puesta a tierra /8/.

Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y redes Secundarias para Electrificación Rural”

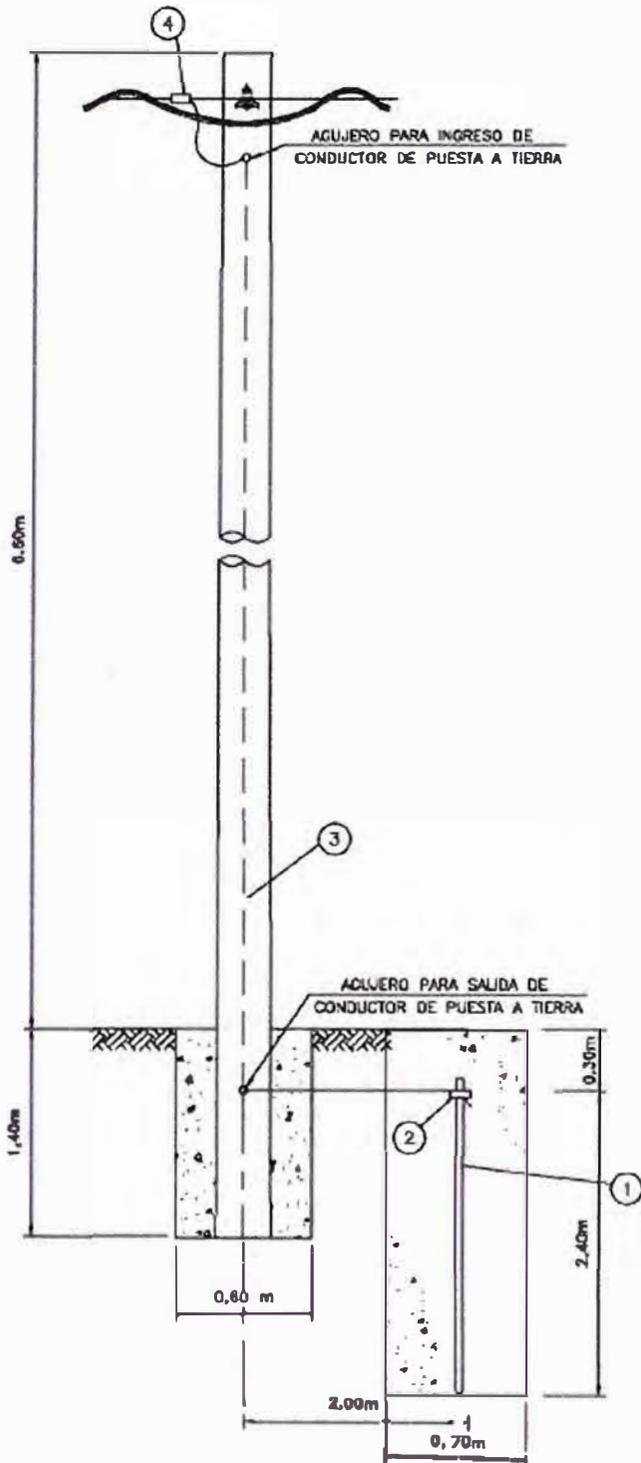


Fig. 4.5. Puesta a tierra para estructuras de concreto armado en redes secundarias /9/.

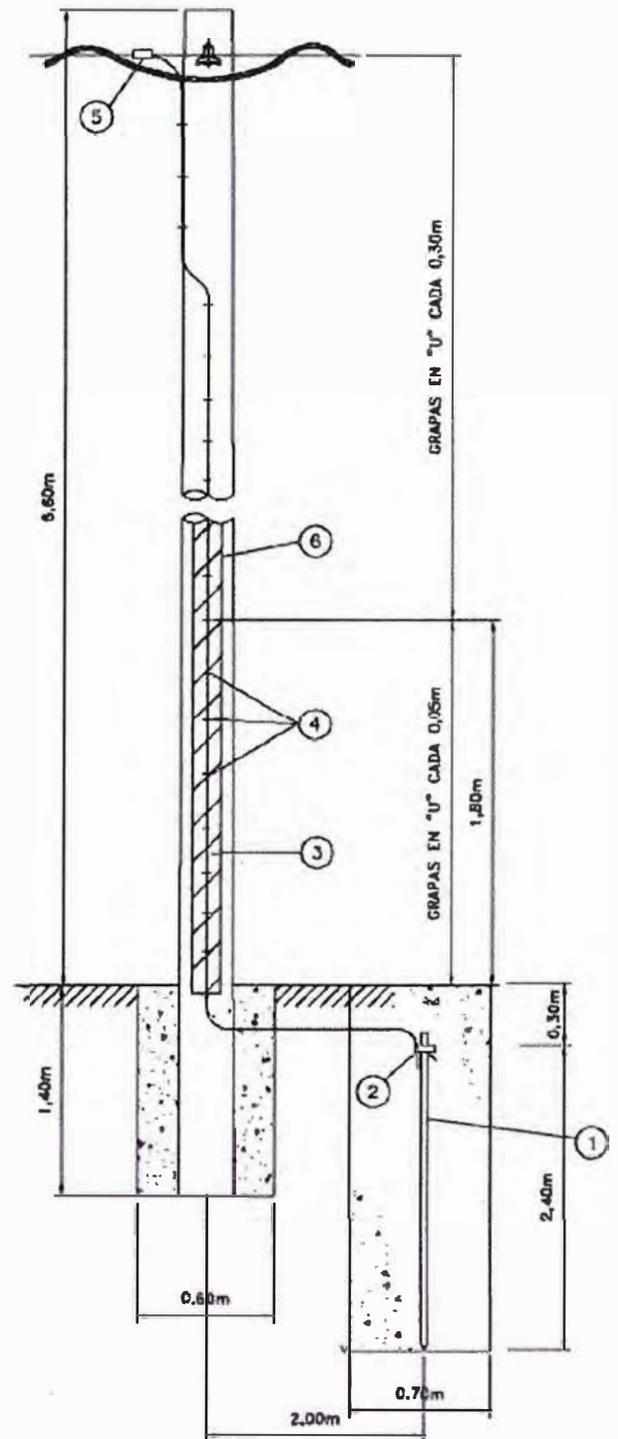


Fig. 4.6. Puesta a tierra para estructuras de madera en redes secundarias /9/.

El anexo I muestra las laminas 012 y 013 sobre las Especificaciones técnicas de puestas a tierra en Soportes para redes Secundarias.

Norma DGE “Bases para el Diseño de Líneas y Redes Secundarias con conductores Autoportantes para Electrificación Rural”

1. Objetivo

Establecer los criterios para el dimensionamiento de las puestas a tierra en Redes Secundarias, para los proyectos de Electrificación Rural .

El adecuado diseño de las Puestas a tierra en Redes Secundarias busca garantizar la seguridad de las personas, de los equipos y lograr una adecuada operación de los sistemas.

2. Antecedentes

Se ha normalizado valores máximos de resistencias de puesta a tierra en líneas y redes primarias, redes secundarias y subestaciones de distribución; aplicando para este fin las más actualizadas normas internacionales y analizando los principios físicos que dan lugar a tales requerimientos.

3. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra

3.1 Redes Secundarias en 380/220 V

El valor equivalente de todas las puestas a tierra del conductor neutro, sin incluir las puestas a tierra de la subestación de distribución, ni del usuario, debe tener un valor máximo de 6 Ohm.

3.2 Redes Secundarias en 440-220 V

El valor equivalente de todas las puestas a tierra del conductor neutro, sin incluir las puestas a tierra de la subestación de distribución, ni del usuario, debe tener un valor máximo de 10 Ohm /10/.

Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001

Así mismo, el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001, Sección 3, “Métodos de Puesta a Tierra para Instalaciones de Suministro Eléctrico y Comunicaciones”, menciona lo siguiente /7/.

036.C. Sistemas con múltiples puestas a tierra

El neutro, que deberá tener una sección y una capacidad de corriente suficiente para el régimen de trabajo requerido, deberá ser conectado a un electrodo existente o diseñado, para puesta a tierra en cada lugar de transformación y en un número suficiente de puntos adicionales, con electrodos existentes o diseñados, a intervalos de 400 m como máximo, sin incluir los puntos a tierra de los circuitos de acometida individuales.

EXCEPCIÓN: Donde existan puntos de cruce debajo del agua, el requerimiento de electrodos diseñados para puesta a tierra cada 400 m, no se aplica para la porción bajo el agua, si el neutro es de suficiente sección y capacidad para el régimen de trabajo requerido y se cumplen los requerimientos de la regla 032B2.

NOTA: Los sistemas con múltiples puestas a tierra que se extienden sobre una distancia significativa, son más dependientes de la multiplicidad de los electrodos de puesta a tierra, que de la resistencia a tierra de un electrodo individual. Por lo tanto no se imponen valores específicos para la resistencia de los electrodos individuales.

037. Separación de los conductores de puesta a tierra

Cuando la falla de un único conductor de puesta a tierra podría producir potenciales indeseables en el equipo y en otros aparatos, es aconsejable utilizar conductores separados de puesta a tierra.

037.A. Excepto cuando lo permita la regla 037.B, los conductores de puesta a tierra de los equipos y de los circuitos, deberán tener un recorrido separado hacia el electrodo de puesta a tierra, por cada una de las siguientes clases:

037.A.1. Pararrayos de circuitos de más de 750 V, y marcos de cualquier equipo funcionando a más de 750 V.

037.A.2. Circuitos de iluminación y de energía de 750 V o menos.

037.A.3. Varillas para descargas atmosféricas o cabezas captoras de rayos, a menos que estén fijadas a una estructura metálica de soporte puesta a tierra.

Opcionalmente, los conductores de puesta a tierra deberán tener un recorrido separado hacia una barra principal de puesta a tierra, o a un cable de puesta a tierra del sistema, que esté adecuadamente conectado a tierra en más de un punto.

037.B. Los conductores de puesta a tierra de cualquiera de los equipos indicados en las reglas 037.A.1 y 037.A.2 pueden ser conectados entre ellos, utilizando un solo conductor de puesta a tierra, siempre y cuando:

037.B.1. Haya una conexión directa de puesta a tierra en cada lugar con pararrayos, y

037.B.2. El neutro del secundario o el conductor secundario de fase puesto a tierra, es común o está conectado con el neutro del primario, cumpliendo con los requerimientos de puesta a tierra de la regla 037.C.

037.C. Los circuitos primario y secundario que utilizan un solo conductor como un neutro común, deberán tener como mínimo una conexión a tierra cada 400 m, excluyendo las conexiones de puesta a tierra en los equipos de acometida del usuario.

037.D. Sistemas sin puesta a tierra o con una puesta a tierra y sistemas con múltiples puestas a tierra

037.D.1. Sistemas sin puesta a tierra o con una puesta a tierra

Cuando el neutro del secundario no está conectado con el conductor de puesta a tierra del pararrayos del primario según la regla 037.B, la conexión puede ser efectuada a través de un descargador o de dispositivos que cumplen una función equivalente. El descargador o dispositivo deberá tener una tensión de descarga a 60 Hz de al menos dos veces la tensión del circuito primario pero no necesariamente más de 10 kV. Al menos otra conexión de puesta a tierra en el neutro del secundario con su electrodo de puesta a tierra ubicado a una distancia no menor de 6 m del electrodo de puesta a tierra del pararrayos en adición a las puestas a tierra de los usuarios en cada punto de acometida.

037.D.2. Sistemas con múltiples puestas a tierra

En sistemas con múltiples puestas a tierra, los neutros del primario y del secundario deberán estar conectados entre ellos en conformidad con lo indicado en la regla 037.B.

Sin embargo, cuando sea necesario separar los neutros, la conexión entre los neutros deberá ser efectuada a través de un descargador o de un dispositivo que realice una función equivalente. El descargador o dispositivo deberá tener una tensión de descarga a 60 Hz que no supere 3 kV. Al menos deberá proporcionarse otra conexión a tierra en el neutro del secundario, con su electrodo de puesta a tierra ubicado a una distancia no menor de 2,0 m del electrodo de puesta a tierra del neutro del primario y del pararrayos, en adición a las puestas a tierra de los usuarios en cada punto de acometida. Cuando los neutros del primario y del secundario no estén directamente conectados, el conductor de puesta a tierra del primario, del secundario o ambos deberán estar aislados para 600 V.

NOTA 1: Una diferencia de tensión puede existir entre los neutros del primario y del secundario cuando estos no estén conectados directamente entre ellos. Por ejemplo, cuando equipo metálico está enlazado equipotencialmente al conductor de puesta a tierra del secundario y está instalado en el mismo poste, el conductor de puesta a tierra del primario debería estar aislado.

NOTA 2: Puede ser necesaria la cooperación de todas las compañías de comunicaciones y de suministro eléctrico así como de los clientes de dichas compañías para obtener un aislamiento efectivo entre los neutros del primario y del secundario /7/.

4.2.2 Metodología a seguir para una eficiente instalación de puesta a tierra

a) Líneas y redes primarias.

Los criterios para el dimensionamiento de puestas a tierra en electrificación rural son:

- Seguridad de las personas
- Operación del sistema
- Descargas atmosféricas
- Disipación de las corrientes de fuga

Seguridad de las personas

El criterio de seguridad de las personas es el más exigente. Deben tomarse en cuenta las tensiones de toque (contacto), de paso y de transferencia. En líneas de electrificación rural no se toma en cuenta este concepto, salvo en subestaciones de distribución, en vista que las líneas recorren por zonas poco transitadas.

Las puestas a tierra, bajo el criterio de seguridad de las personas, no solo deben presentar muy bajos valores de resistencia de puesta a tierra, también la configuración debe ser la adecuada para reducir el gradiente de potencial.

En el caso de las líneas de transmisión ocurre algo similar. El criterio de seguridad de las personas solo se aplica en zonas urbanas.

Operación del sistema

Desde el punto de vista de la operación, los sistemas con neutro corrido, el CNE y el NESC (USA) establecen que debe haber, por lo menos una puesta a tierra por cada 400 m de línea. El objetivo es conseguir una resistencia equivalente de todas las puestas a tierra menor o igual a un determinado valor.

En sistemas sin neutro corrido y con ramales bifásicos, las puestas a tierra de las estructuras no cumplen ninguna función importante, incluso podría prescindirse de ellas sin poner en riesgo la operación del sistema.

En sistemas sin neutro corrido y con retorno total por tierra, las únicas puestas a tierra importantes, desde el punto de vista de la operación del sistema son las que corresponden a la subestación de potencia (en el origen) y en los transformadores de distribución.

Descargas atmosféricas

En sistemas con neutro corrido y postes de madera, el dimensionamiento de la puesta a tierra para la operación del sistema, descrito anteriormente, satisface, también, los

requerimientos para la protección contra los efectos de las descargas atmosféricas.

En sistemas sin neutro corrido, para el dimensionamiento de la puesta a tierra, se ha tratado de aplicar, en principio, el mismo criterio que el aplicado a los sistemas con neutro corrido.

En instalaciones que estén más expuestas a sobretensiones inducidas, las puestas a tierra se ubican, en promedio cada 3 estructuras.

En instalaciones muy expuestas a sobretensiones directas, se instalan puestas a tierra en todas las estructuras.

En líneas no provistas de cable de guarda, el objeto de las puestas a tierra es disipar las corrientes transitorias tipo rayo y proteger a los postes de madera.

El valor de la resistencia de las puestas a tierra individuales no tiene mayor importancia; resistencias altas como, por ejemplo, 500 ohms, no afectan a la instalación.

Se deberá considerar las especificaciones técnicas de la lamina 77, detalles de puesta a tierra para zonas con descargas atmosféricas (aislamiento adicional de madera).

Disipación de las corrientes de fuga.

En la costa no es necesario el incremento del nivel de aislamiento de líneas y redes primarias.

Las corrientes de fuga que recorren por la superficie de los aisladores, debido a la presencia de elementos contaminantes, pueden producir la quema de crucetas.

Por tanto, todas las estructuras de madera ubicadas en áreas de costa, llevan puestas a tierra conectadas desde los herrajes de los aisladores.

Dada la pequeña magnitud de las corrientes de fuga, podría usarse solo un anillo alrededor del poste en la cimentación.

Las estructuras provistas de equipos de seccionamiento o con interruptores automáticos de recierre se considerarán como subestaciones de distribución para los efectos de las puestas a tierra.

Se ha demostrado que las puestas a tierra conformadas por conductor enrollado helicoidalmente no son adecuadas por presentar una inductancia a las corrientes de impulso tipo rayo en la que se generan tensiones elevadas.

Se deberá considerar las especificaciones técnicas de la lámina 78 detalles de puesta a tierra para zonas sin descargas atmosféricas (conexión a tierra de los herrajes)

b) Subestaciones de distribución

Consideraremos los siguientes pasos:

Dimensionamiento de puestas a tierra en subestaciones

Los criterios para el dimensionamiento de puestas a tierra en las subestaciones de distribución son:

- Seguridad de las personas
- Operación del sistema
- Descargas atmosféricas
- Disipación de las corrientes de fuga

El criterio más importante es el de la seguridad de las personas, y es el que requiere la obtención de los menores valores de resistencia de puesta a tierra.

Las normas de electrificación rural consideran, como máximo, los siguientes valores de resistencia de puesta a tierra:

- En subestaciones trifásicas y monofásicas conectadas entre fases: 25 ohmios.
- En transformadores monofásicos de sistemas con neutro corrido o retorno total por tierra: (Tabla 4.2)

Tabla 4.2 Valores de puesta a tierra en subestaciones.

Sistema	Potencia del transformador kVA	Resistencia de puesta a tierra en ohm
1 ϕ	5	25
1 ϕ	10	25
1 ϕ	15	20
1 ϕ	25	15
3 ϕ y 1 ϕ entre fases	Todas	25

En base a los límites de las resistencias de PAT en subestaciones MRT, se sigue:

- 1) De acuerdo con el Anexo J : IEC 60479: Efectos fisiológicos de la electricidad
 - Una corriente no mayor a 30 mA (ZONA 3)
 - 24 V máximo de tensión de toque (Terreno Húmedo)

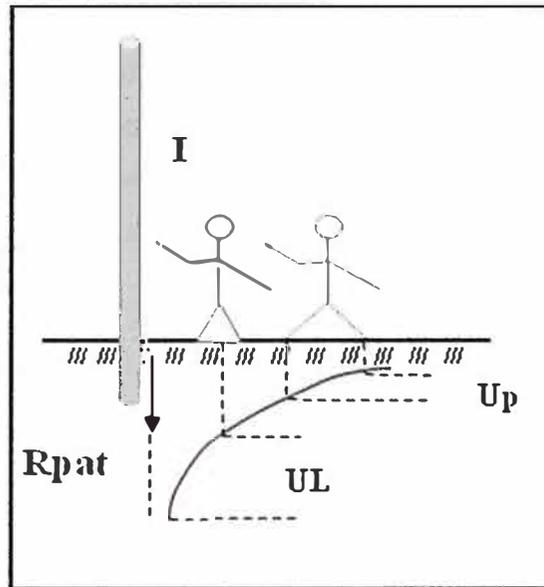


Fig. 4.7 Tensión de toque

$$2) \quad I \times R_{pat} = U_L \leq 24 \text{ V} \quad \rightarrow \quad R_{pat} \leq \frac{U_L \times kV}{kVA}$$

En base las resistividades del terreno se sigue:

1) Mediciones de resistividad eléctrica del terreno.

Método de Wenner

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R$$

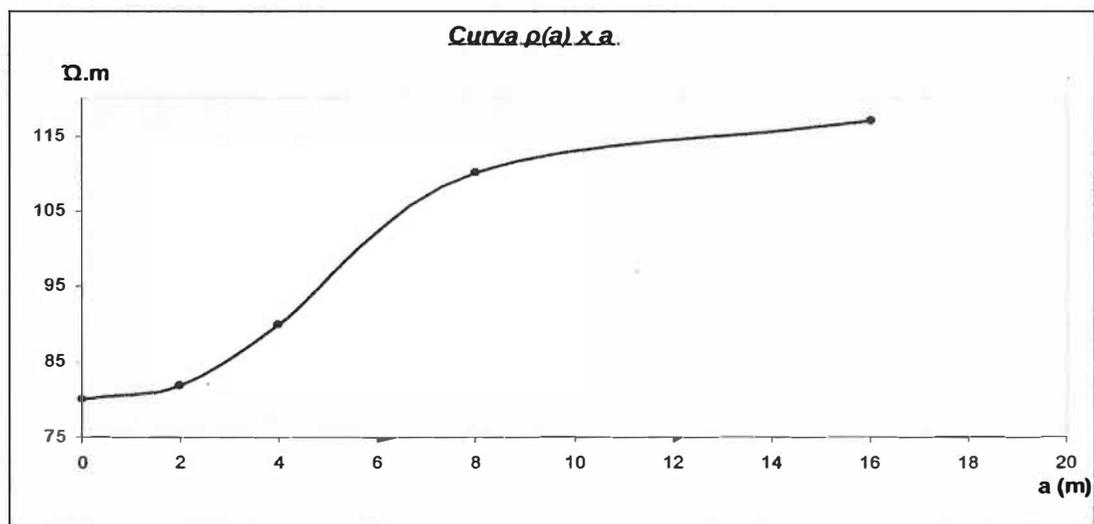


Fig. 4.8 Cuadro de Resistividades

2) Estratificación del terreno.

Definida la ubicación de la instalación del sistema de puesta a tierra debe efectuarse el levantamiento de la información a través de mediciones, para obtener la información necesaria para elaborar el proyecto.

El levantamiento de los valores de resistividad a través de mediciones en el terreno es utilizando métodos de prospección geoelectrico; dentro de los cuales los mas conocido y utilizado son los método Métodos de Wenner y Schlumberger

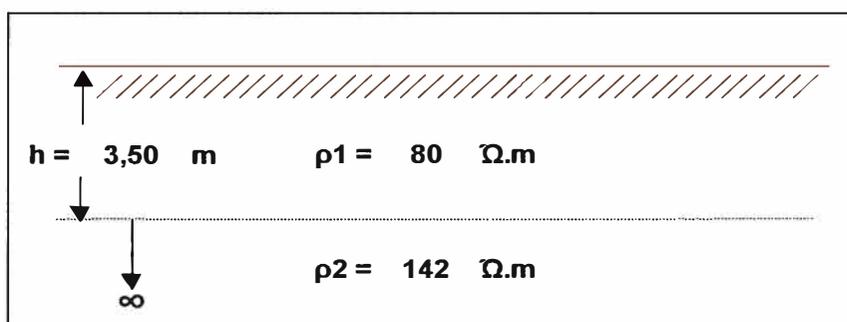


Fig. 4.9 Ejemplo de estratificación del terreno

3) Selección de la Configuración

Finalmente, de acuerdo a los valores obtenidos se definen los tipos de configuraciones de puesta a tierra:

- PAT-1
- PAT-2
- PAT-3

Criterio para el uso de una sola puesta en subestación

Las Normas de Electrificación Rural consideran el uso de una sola puesta a tierra en la subestación de distribución sustentado en la Norma ANSI C57.12.20-1974:

El numeral 5.1.3 se establece que los terminales neutros de los transformadores monofásicos, tanto del lado de media como de baja tensión deben unirse mediante pernos al tanque del transformador.

El descargador (pararrayos) debe estar ubicado lo más cerca posible del transformador, y su borne de tierra debe estar conectado al tanque del transformador, tal como se muestra en las siguientes figuras:

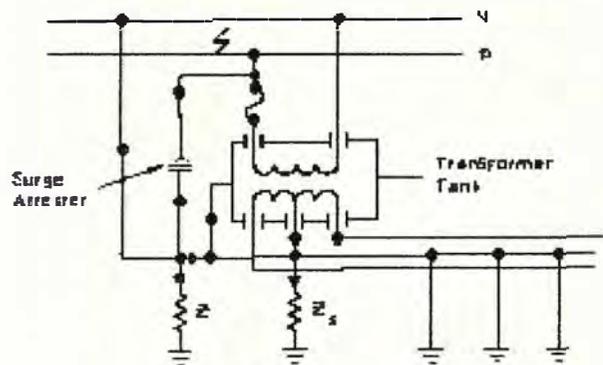


Figure 13—Arrester protection with solid interconnection

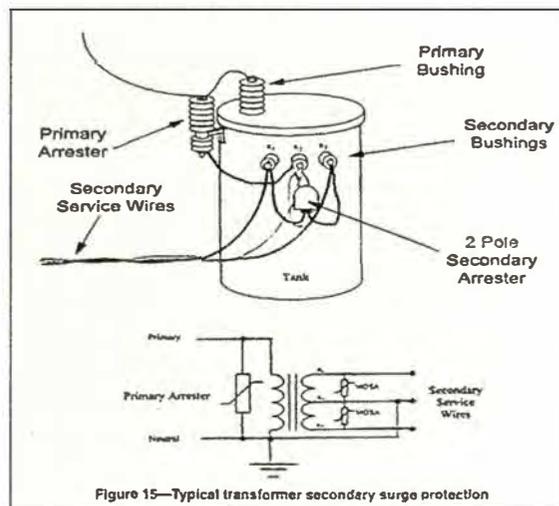


Figure 15—Typical transformer secondary surge protection

Fig. 4.10 Esquemas de conexión del transformador

Debemos tener en cuenta la tensión en el cable de conexión:

$$V = L \cdot di/dt \cdot longitud$$

L : Inductancia típica por unidad de longitud
(uH/m), 1,30 uH/m (IEE C62.22-1997)

di/dt : Variación típica de corriente (kA/us) 20,0 kA/us (IEE C62.22-1997)

Longitud del cable de conexión (m) 2,00 m (DEP/MEM)

Se obtiene $V = 52,0 \text{ kV}$

Por lo tanto el conexionado correcto sería como se muestra a continuación

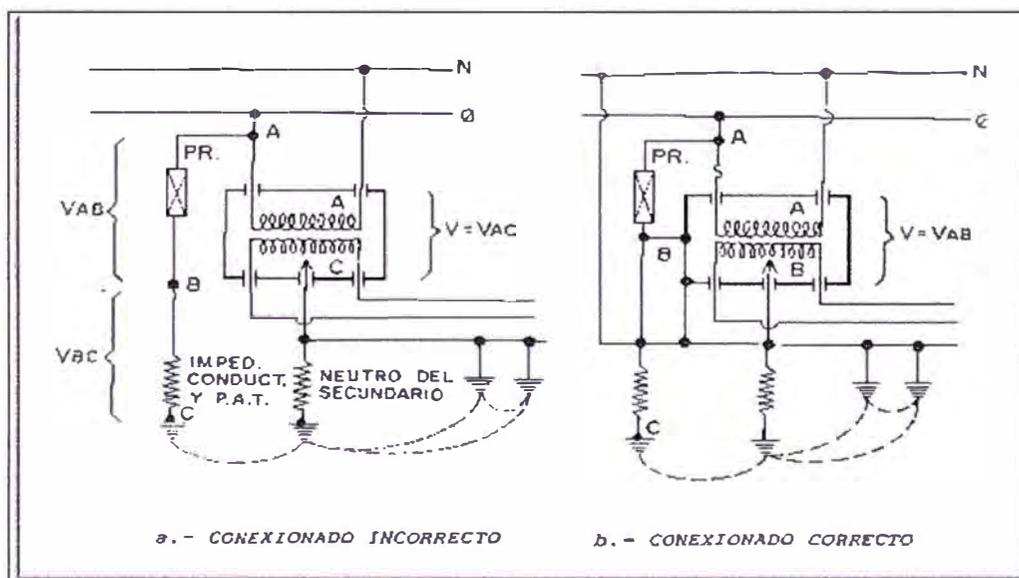


Fig. 4.11 Conexión correcto e incorrecto de una Subestación /11/.

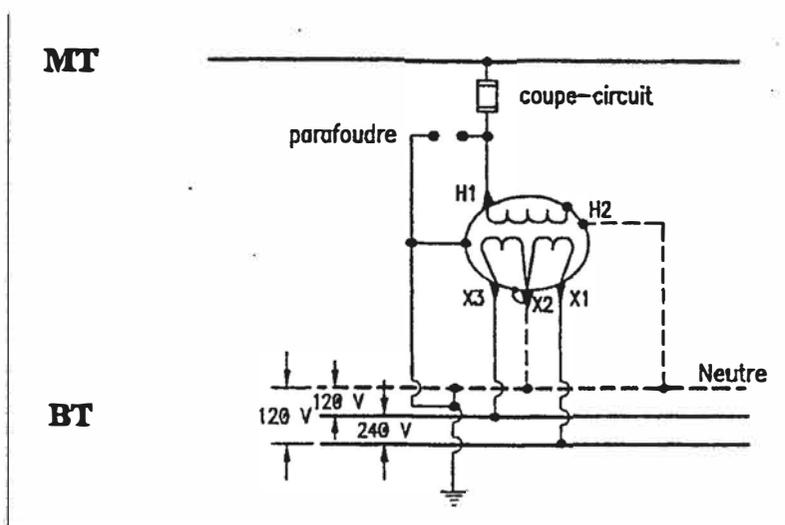


Fig. 4.12 Conexión de una Subestación

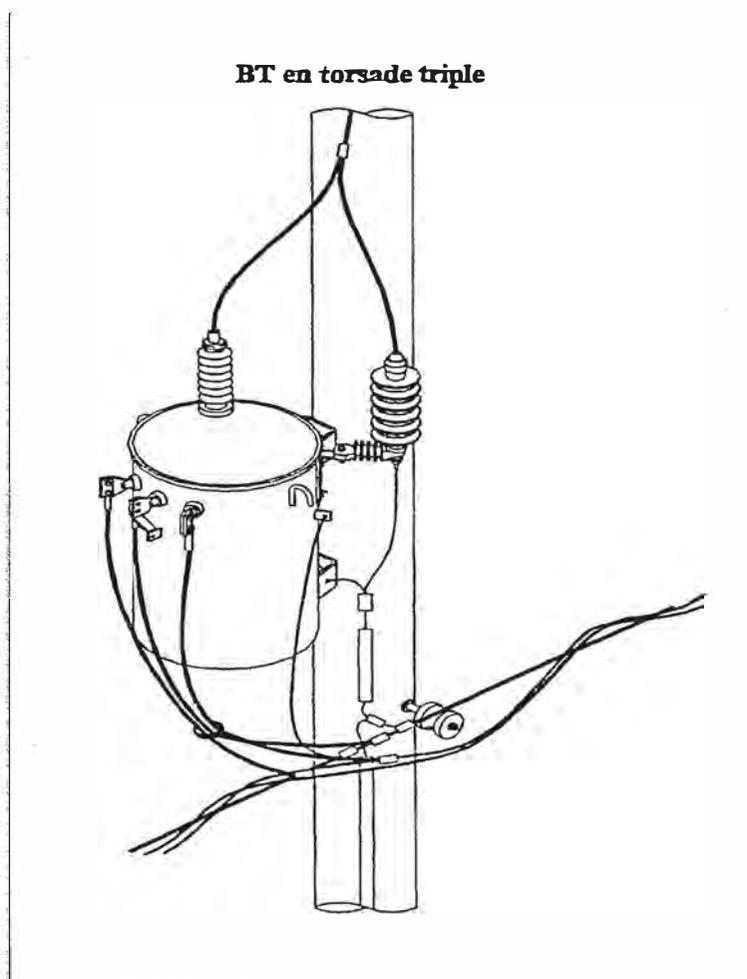


Fig. 4.13 Conexión de una Subestación

Las figuras 4.12 y 4.13 muestran el correcto conexión de una subestación de distribución con una sola puesta a tierra la cual enlazara los bornes neutros de AT y BT

c) Redes secundarias

De acuerdo a las normas y procedimientos vistos en el punto anterior, y sin dejar de lado que el adecuado diseño de las Puestas a tierra en Redes Secundarias busca garantizar la seguridad de las personas, de los equipos y lograr una adecuada operación de los sistemas, entonces podemos determinar un método adecuado para una instalación en red secundaria:

Se debe contar con el cuadro de resistividades del terreno, para poder saber si el terreno es o no favorable, y poder ubicar las puestas a tierra con criterio en caso de que se presenten diferentes tipos de resistividades dentro de la localidad. Para esto se debe hacer un replanteo de las posiciones de las puestas a tierra en los planos de redes secundarias, de tal manera que queden ubicadas en un terreno que tenga las prestaciones óptimas para una excelente puesta a tierra.

La distribución de puestas a tierra en toda la red debe ser tal que cumplan las siguientes recomendaciones:

Estructuras de fin de línea llevan puesta a tierra.

Estructura de derivación llevan puesta a tierra.

Se instalaran puestas a tierra cada 3 estructuras

Las redes secundarias 440/220 y 220 V son sistemas de múltiple puesta a tierra, requiriendo una PT a la salida de la subestación y en tramos no mayores de 200 m a lo largo de la red secundaria, tratando de hacer coincidir la PT con el poste del cual parten los ramales. Asimismo se requiere una PT en la cola de los circuitos.

Los materiales a usar, deben ser minuciosamente revisados en almacén y durante el mismo proceso de montaje, ya que la calidad de estos materiales garantizan la conservación y el buen funcionamiento del sistema de puesta a tierra.

Durante el proceso del montaje la supervisión debe verificar en situ la instalación del electrodo de tipo copperweld, el agujero debe rellenarse únicamente con tierra negra de chacra, el conductor de bajada de puesta a tierra en forma continua (no seccionadas) debe tener su respectivo conector de bronce en la base del poste, y conectados al conductor portante con su conector bimetálico.

Para efectos de protección al conductor de cobre, se debe colocar el listón de madera sobre el conductor, de acuerdo a las indicaciones en la lamina de detalle, impidiendo así la manipulación por terceros y evitar contacto fisco directo.

En cuanto a las Borneras de Conexión y Derivación, los conductores de llegada y acometidas domiciliarias, deberán contar con el conductor de puesta a tierra, correctamente conectados, el número de barras terminales dependerá de las características del sistema eléctrico:

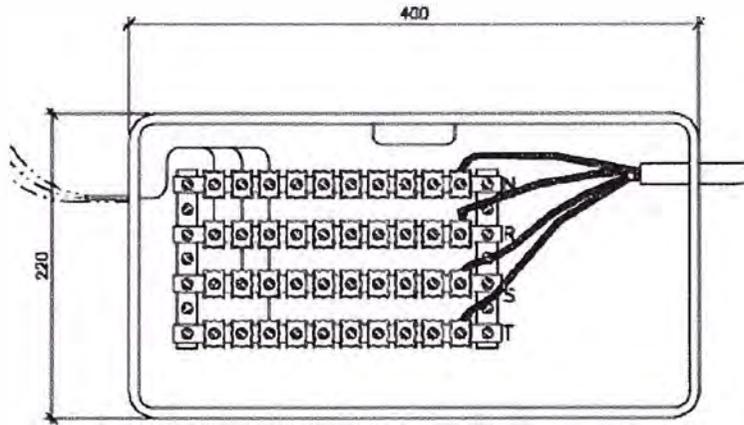


Fig. 4.14 Sistema 380-220 V : 4 barras terminales

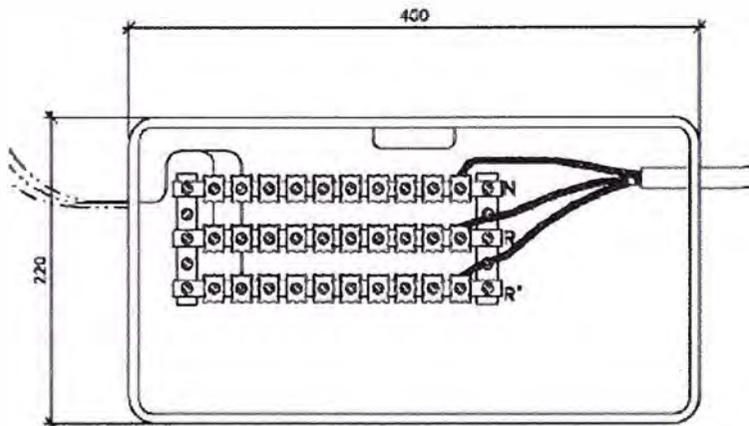


Fig. 4.15 Sistema 440-220 V : 3 barras terminales

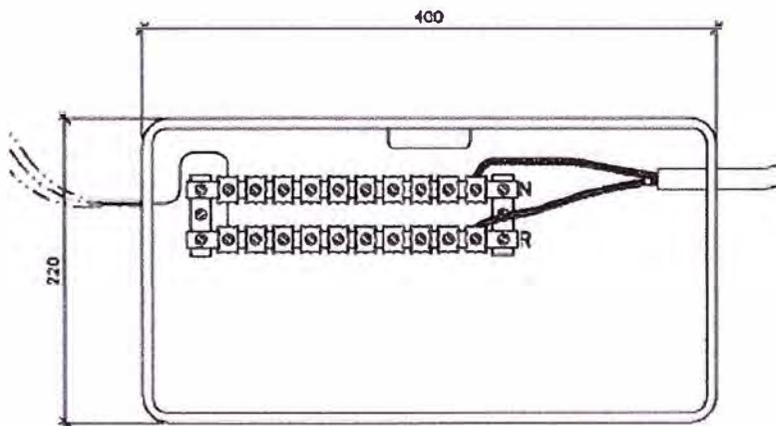


Fig. 4.16 Sistema 220 V : 2 barras terminales

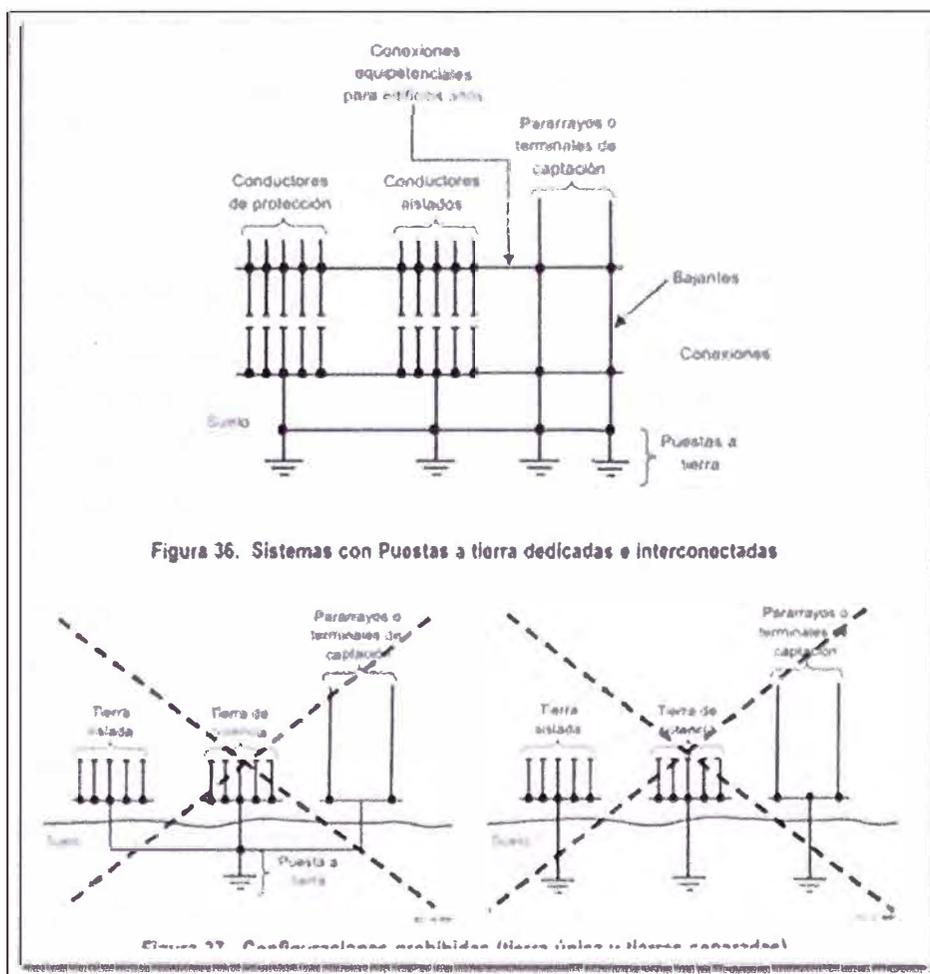


Fig. 4.17 Interconexión de puestas a tierra.

Finalmente, La interconexión de puestas a tierra, ya es un criterio actualizado, así lo demuestran las figuras 36 y 37 (figura 4.17) tomadas de la IEC 61000-5-2. Cuando en una edificación o inmueble existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas por conductores. Este tipo de configuración es óptima porque reduce las diferencias de potencial entre partes de la misma instalación, baja la resistencia global, es de mínimo costo, es el más simple, es más fácil de prever su comportamiento eléctrico, requiere mínimo análisis de acoplamientos y aislamientos, distribuye mejor las corrientes de falla y sobre todo es más segura y confiable

4.3 Recursos para la optimización de las Puestas a Tierra.

Los recursos para la optimización de las puestas a tierra la dividiremos en base a los materiales, montaje, conocimientos, mediciones, nuevas tecnologías y el medio ambiente:

Materiales:

- Para el relleno de los pozos de puesta a tierra, no usar sustancias químicas tales como el thorgel, ya que estos ocasionan corrosión extrema tal como se muestra en la figura 4.18, además de requerir un constante mantenimiento.
- En base al punto anterior entonces el electrodo de puesta a tierra debe considerar una buena protección catódica.
- Los demás accesorios, como conductor, conectores etc, deben ser los adecuados y que coincidan con las especificaciones técnicas de suministro.

Montaje:

- Las puestas a tierra en general deben ser tal que el mantenimiento al pozo de puesta a tierra sea de forma natural, o en el peor de los casos el tratamiento debe ser el más simple, para eso se requiere que el tratamiento de la puesta a tierra sea en lo posible con una buena tierra negra de chacra.
- Realizar el montaje en estricto cumplimiento de las especificaciones técnicas de montaje y de acuerdo con los criterios de diseño.

Conocimientos:

- El principio de equipotencialidad, se debe tener presente, ya que está demostrado que en base a un enlace equipotencial, nuestro sistema eléctrico se hace más estable, confiable y optimo.
- El conocimiento de los suelos sus características y componentes permitirá elaborar en base a las formulaciones existente un sistema de puesta a tierra confiable dentro de los parámetros requeridos.
- La aplicación de los métodos de análisis basadas en las mediciones de campo permiten hallar la resistividad específica de estratos del suelo, que permitirá el diseño de los sistemas de puesta a tierra que deberán cumplir con la función y objetivo para la cual son diseñados.

Mediciones:

- El proceso de las mediciones debe ser el más adecuado, siguiendo las metodologías conocidas y no permitiendo las aceptaciones empíricas que pueden llevar a soluciones equivocadas. Cabe recordar que el valor de la puesta a tierra se obtiene luego de tomar varios valores y llevarlas a un grafico, donde se obtiene el valor por medio de la curva de inflexión.
- Consecuentemente con lo anterior las mediciones realizadas pueden ser no tan correctas, debido a que pueden existir objetos metálicos enterrados así como tendidos eléctricos, para ello se sugiere hacer varias mediciones en diferentes sentidos.
- La continuidad en las mediciones es vital para garantizar la seguridad de las personas y el buen desempeño del sistema eléctrico.
- Para las mediciones no es relevante la profundidad con que se entierran los electrodos, sino mas bien se requiere que hagan buen contacto con tierra, ya sea compactando la tierra alrededor de los mismos o humedeciendo la zona.

Nuevas tecnologías:

- El uso de nuevas tecnologías para la construcción y mantenimiento de las puestas a tierra, hacen de que los trabajos sean más eficientes y confiables.
- Los equipos de nueva tecnología, permiten también localizar y determinar en situ las fallas de puestas a tierra, con lo que la solución a los problemas son más inmediatas.
- Los métodos modernos de medición permiten realizar las mediciones sin tener que desconectar el conductor de puesta a tierra con lo que se disminuyen los riesgos de una descarga, se ahorra tiempo y se obtiene un valor de la resistencia de puesta a tierra más real.

Medio ambiente:

- Las condiciones del medioambiente es un recurso muy importante para la determinación del valor de la puesta a tierra, en climas con terrenos húmedos, el valor de la puesta a tierra permanece casi constante.
- Las condiciones ambientales también pueden deteriorar el sistema de puesta a tierra, por lo que se debe monitorear de vez en cuando para ver el estado de la puesta a tierra.
- La medición del valor de la puesta a tierra se debe realizar en condiciones climáticas desfavorables, de tal manera que en las otras estaciones esté garantizada en forma natural el valor de la puesta a tierra.

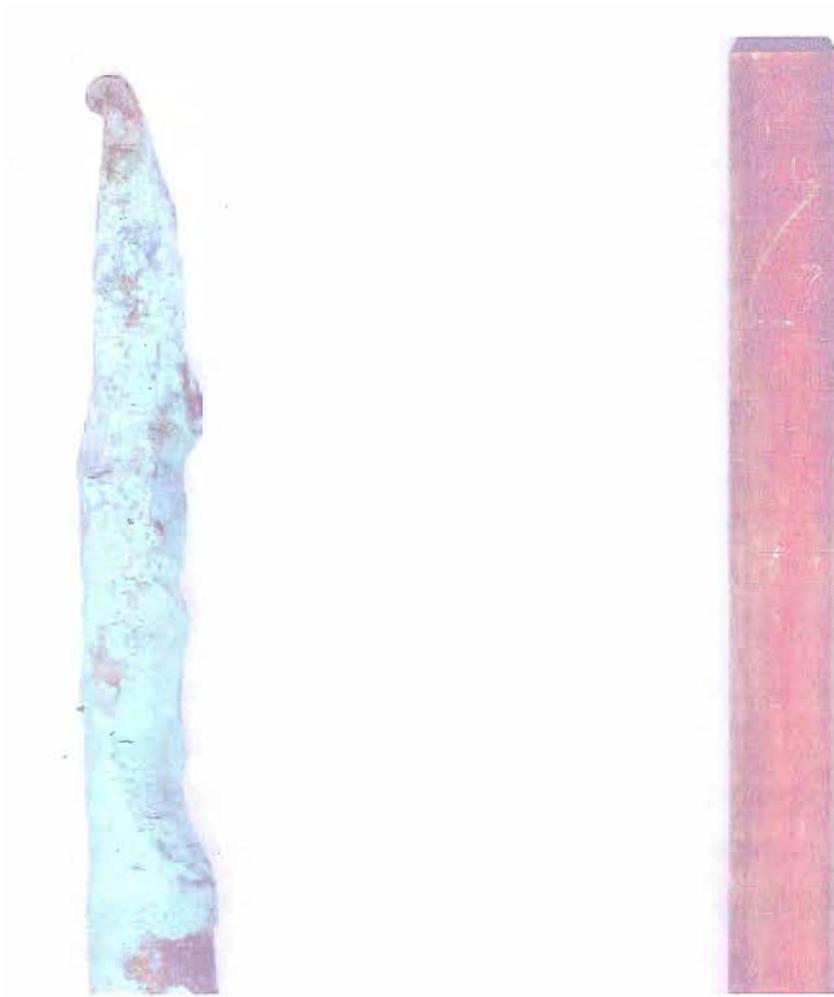


Fig. 4.18 corrosión en el electrodo copperweld.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La experiencia y estándares internacionales, demuestran que la madera puede usarse para mejorar el aislamiento de las líneas eléctricas.
2. El uso de nuevas tecnologías para la construcción y mantenimiento de las puestas a tierra, hacen de que los trabajos sean más eficientes y confiables.
3. Bajo el criterio de la equipotencialidad, las subestaciones distribución requieren de una sola puesta a tierra.
4. Las instalaciones de puesta a tierra en zonas con y sin descargas atmosféricas están sujetas a las especificaciones de las laminas 77 y 78 respectivamente, con lo quedan despejadas las dudas sobre esos temas en obra.
5. Técnica y económicamente se justifica la implementación de los Sistemas Monofásicos Retorno Total por Tierra (MRT) para los sistemas eléctricos rurales.
6. El método de medición de resistencias de puesta a tierra es tal que se deben tomar diferentes valores para diferentes posiciones del electrodo, de tal manera que se pueda graficar los resultados y obtener la curva de inflexión y así obtener el valor de la resistencia de pat.
7. Para el caso de zonas con descargas atmosféricas, se debe tener en cuenta como se debe de dejar el conductor de puesta a tierra en su extremo superior en forma de un espinterómetro, de tal manera que cumpla su función.
8. El presente informe hace una síntesis o extracto de las normas de sistema de distribución, de tal manera que los profesionales conozcan y tengan en cuenta las consideraciones para las puestas a tierra.
9. La medición del valor de la puesta a tierra se debe realizar en condiciones climáticas desfavorables, de tal manera que en las otras estaciones esté garantizada en forma natural el valor de la puesta a tierra.

10. La energía eléctrica es fundamental para el desarrollo de la humanidad, es por ello, que durante su generación, transmisión, distribución y utilización es necesario garantizar la operación normal de los equipos y la seguridad de las personas ante corrientes anormales.
11. El sistema de conexión a tierra cumple con esta función fundamental, otorgando una baja resistencia a estas corrientes nocivas para su disipación a tierra antes que comprometa la seguridad de las personas involucradas o afecte a todos los componentes del sistema eléctrico.
12. Un sistema de conexión a tierra involucra conocer la resistividad del terreno, las diferentes configuraciones de los sistemas de distribución, el cálculo apropiado de la configuración del electrodo elegido, los lineamientos para su construcción económica y las modalidades de mantenimiento. Todo ello para mantener la resistencia en un valor referencial apropiado y los potenciales dentro de los niveles esperados.

RECOMENDACIONES

1. Con la participación del sector público y privado, crear un organismo en el Perú que se encargue del monitoreo y llevar un registro estadístico del estado de las puestas a tierra y de las descargas atmosféricas.
2. En base a los diferentes tipos de puestas a tierra, cada una con característica diferente, se debe uniformizar de acuerdo a su funcionalidad y a la zona (con/sin descargas atmosféricas) donde será instalada.
3. El supervisor debe seguir estrictamente los criterios de diseño, especificaciones técnicas de suministro y especificaciones técnicas de montaje, normados por las normas técnicas rurales y las consideraciones que indiquen en el código nacional de electricidad.
4. Construir líneas experimentales de media tensión por parte de los concesionarios para evaluar su comportamiento frente a las sobretensiones atmosféricas.
5. Uniformizar criterios de diseño, para facilitar la ejecución y fiscalización de los sistemas eléctricos rurales.
6. La puesta a tierra no solo sirve para protección permanente si no también en ocasiones se usa en forma temporal, como por ejemplo en el tendido y puesta en flecha de los conductores, durante este trabajo los conductores estarán permanentemente puesto a tierra para evitar accidentes causados por descargas atmosféricas, inducción electrostática o electromagnética.

7. Para conseguir una óptima aplicación de las conexiones a tierra, se debe contar con Técnicos Electricistas certificados. En caso de tratarse de personal técnico del lugar, el contratista deberá capacitarlos, con la aprobación de la supervisión en la obra.
8. El supervisor no solo debe inspeccionar los materiales en el almacén, sino también en el mismo lugar del montaje, debiendo codificar mediante algún método los materiales de puesta a tierra, impidiendo que se instalen accesorios de mala calidad.
9. El presupuesto de la obra, debe incluir a más profesionales en la supervisión, y que esté de acuerdo al cronograma de obra, un solo supervisor no puede observar a los diferentes grupos de trabajo al mismo tiempo, más aun en zonas rurales, donde el acceso a las estructuras no es nada fácil.
10. El personal técnico debe contar con el estudio de resistividad, para determinar los lugares críticos en el momento del replanteo.
11. En general se debe uniformizar y reglamentar los criterios de diseño, montaje y supervisión de las instalaciones de puesta a tierra, con el único objetivo de dar mas confiabilidad y estabilidad a nuestro sistema, sin dejar de lado la seguridad de las personas y los equipos eléctricos.

ANEXOS

ANEXO A
NORMA DGE “ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SOPORTES NORMALIZADOS
PARA LÍNEAS Y REDES PRIMARIAS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL”

LAMINAS 77 Y 78

ANEXO B

SPINTERÓMETRO



Este instrumento fue inventado en 1767 por el químico Londres Timothy Lane (1743-1807). Él había llevado a cabo experimentos eléctricos desde 1762, principalmente para fines electrotherapeutic.. Como tenía la intención de dar a sus pacientes apropiados y cantidades exactas de "fluido eléctrico", añadió, a una determinada distancia del conductor primario, que estaba conectado con una jarra de Leyden de una máquina electrostática, un brazo de un tornillo chispa brecha, que permitió la cuantificación de la cantidad de electricidad que será administrado al paciente, después de haber establecido la distancia de una explosión. La medición se hizo contando el número de chispas producidas entre el conductor primario y una bola de latón, situado frente a ella y la distancia de lo que podría ser ajustada por medio de un tornillo micrométrico. Históricamente, esta chispa electrometer fue uno de los primeros instrumentos capaces de dar una medición aproximada de la cantidad de carga eléctrica suministrada por una máquina electrostática o por una jarra de Leyden.

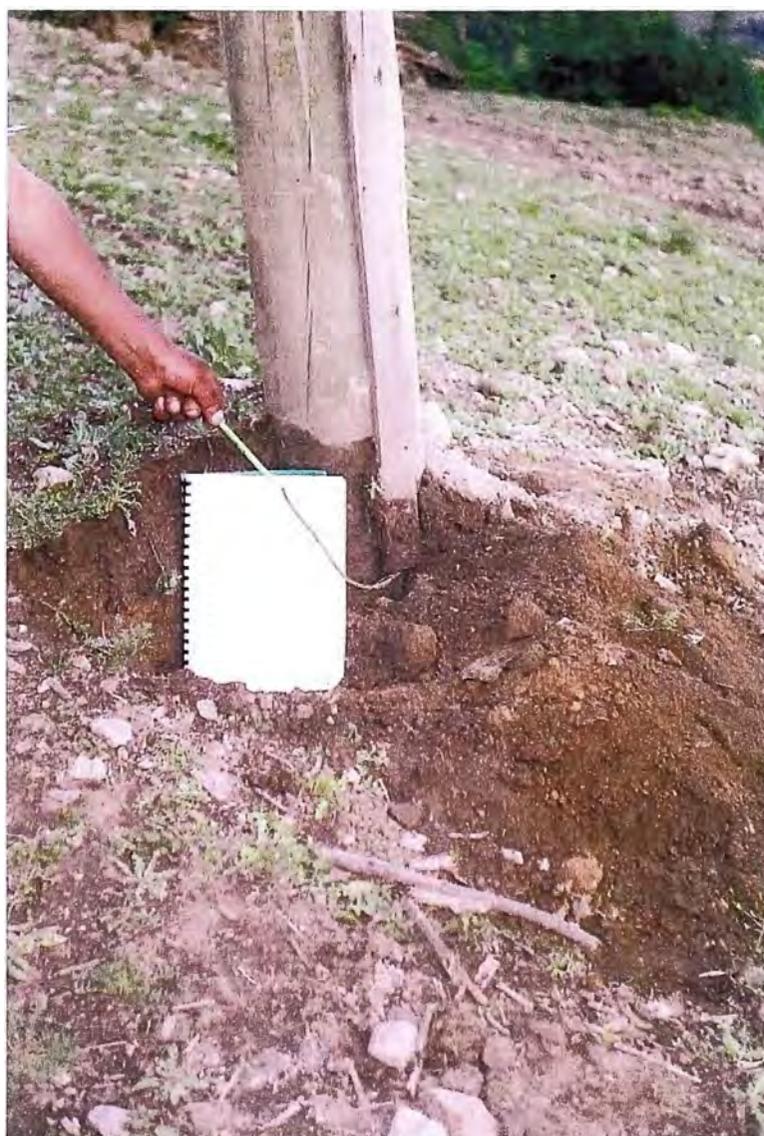
ANEXO C
FOTOGRAFÍAS DE DIFERENTES PROBLEMAS DE PUESTAS ATIERRA EN LÍNEAS
Y REDES PRIMARIAS DE LOS PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL.

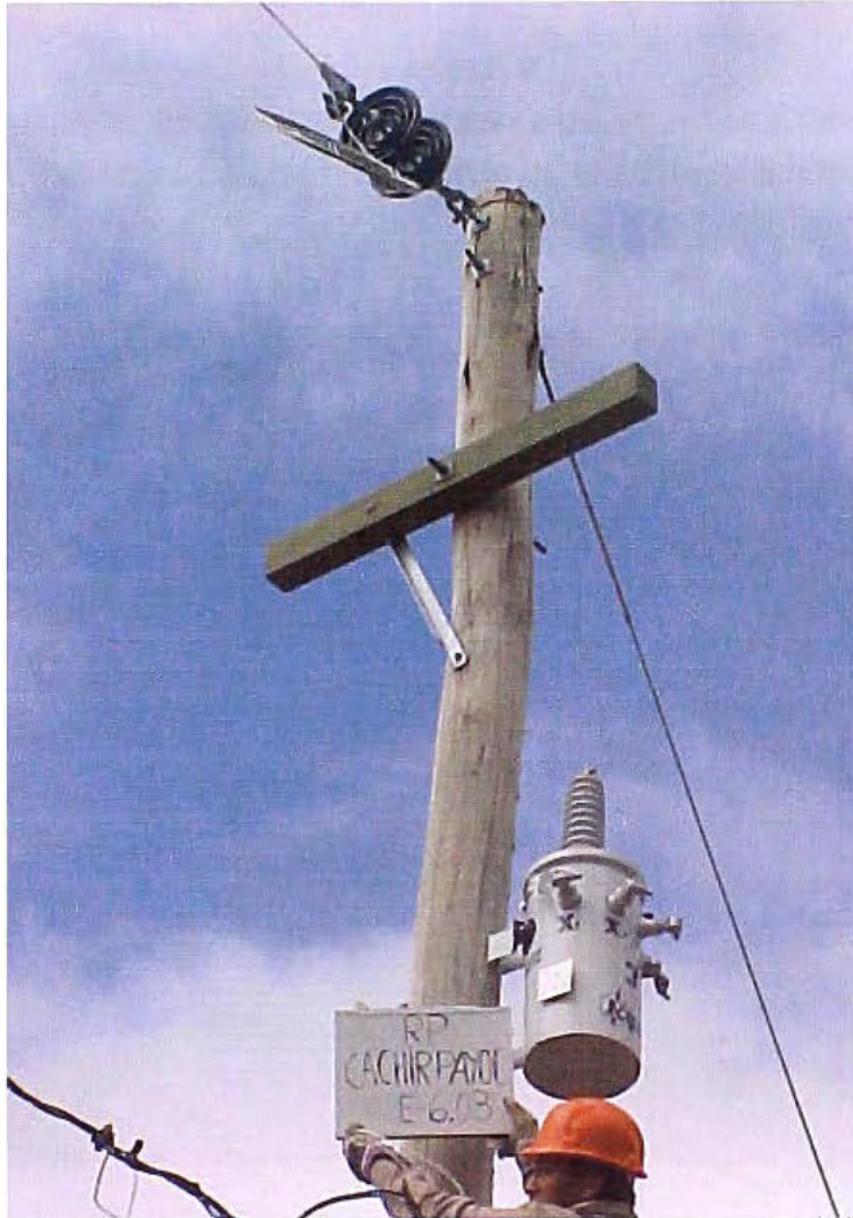




ANEXO D

FOTOGRAFÍAS DE DIFERENTES PROBLEMAS DE PUESTAS ATIERRA EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL.





ANEXO E
FOTOGRAFÍAS DE DIFERENTES PROBLEMAS DE PUESTAS ATIERRA EN REDES
SECUNDARIAS DE LOS PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL.





ANEXO F
NORMA DGE – TERMINOLOGÍA EN ELECTRICIDAD
PARTE II EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO
SECCIÓN 27 PUESTA A TIERRA Y PROTECCIÓN CONTRA CHOQUE ELÉCTRICO

SECCION 27 PUESTA A TIERRA Y PROTECCION CONTRA CHOQUE ELECTRICO

270 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Número	Término	Definición
27-70-01	Tierra de referencia	Parte de la tierra considerada como conductora, y cuyo potencial eléctrico se toma, convencionalmente, como cero, y que se encuentra fuera de la zona de influencia de cualquier instalación de puesta a tierra. Nota: <i>El concepto "Tierra" significa el conjunto y toda su materia física.</i>
27-70-02	Contacto eléctrico	Estado de dos o más partes conductoras que se tocan una a la otra accidental o intencionalmente y que forman un camino conductor único y continuo.
27-70-03	Tierra (local)	Parte de la tierra que se encuentra en contacto eléctrico con un electrodo de tierra y cuyo potencial eléctrico no necesariamente es igual a cero.
27-70-04	Choque eléctrico	Efecto fisiológico que se deriva del paso de una corriente eléctrica a través de un cuerpo humano o animal.
27-70-05	Protección contra los choques eléctricos	Conjunto de medidas que reducen el riesgo de choque eléctrico.
27-70-06	Parte conductora	Parte que puede conducir corriente eléctrica.
27-70-07	Conductor	Parte conductora encargada de conducir una corriente eléctrica específica.
27-70-08	Poner a tierra	Hacer una conexión eléctrica entre un punto dado en una red o en una instalación o un equipo y una tierra local. Nota: <i>La conexión a una tierra local podría ser</i> - <i>Intencional</i> - <i>No intencional o accidental</i> - <i>Permanente o transitoria.</i>
27-70-09	Equipotencialidad	Estado de las partes conductoras que tienen un potencial eléctrico prácticamente igual.
27-70-10	Conexión equipotencial	Conjunto de conexiones eléctricas entre las partes conductoras, con el fin de lograr la equipotencialidad. El Código Nacional de Electricidad - Suministro lo considera como una conexión permanente y de baja impedancia, de partes metálicas normalmente no energizadas, para formar una vía eléctricamente conductiva que asegure continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente impuesta.
27-70-11	Puesta a tierra de protección	Poner a tierra un punto o puntos en una red o en una instalación o en un equipo por cuestiones de seguridad.
27-70-12	Puesta a tierra para trabajos	Poner a tierra partes activas sin tensión de manera tal que el trabajo puede ser realizado sin peligro de choque eléctrico.
27-70-13	Puesta a tierra de la red	Puesta a tierra funcional y de protección de uno o varios puntos de una red eléctrica.
27-70-14	Conexión equipotencial de protección	Conexión equipotencial que se realiza por cuestiones de seguridad.
27-70-15	Conexión equipotencial funcional	Conexión equipotencial que se realiza por otras razones funcionales diferentes a la seguridad.
27-70-16	Impedancia de puesta a tierra	Impedancia a una frecuencia dada entre un punto específico de una red o en una instalación o en un equipo y la tierra de referencia.

27-70-17	Resistencia de puesta a tierra	Parte real de la impedancia a tierra.
27-70-18	Resistividad eléctrica del suelo	Resistividad de una muestra típica de suelo.

271 EQUIPOS E INSTALACIONES ELECTRICAS

Número	Término	Definición
27-71-01	Toma de tierra; electrodo de tierra	Parte conductora, que podría estar incorporada en un medio conductor específico, por ejemplo concreto o coque, en contacto eléctrico con la tierra.
27-71-02	Toma de tierra independiente; electrodo de tierra independiente	Electrodo de tierra ubicado a una distancia tal de otros electrodos de Tierra que su potencial eléctrico no se ve significativamente afectado por las corrientes eléctricas entre la tierra y otros electrodos de tierra.
27-71-03	Conductor de puesta a tierra	Conductor que provee un trayecto conductor, o parte del trayecto conductor, entre un punto dado de la red o de una instalación o de un equipo y un electrodo de tierra.
27-71-04	Punto medio	Punto común entre dos elementos de circuitos simétricos cuyos extremos se encuentran conectados eléctricamente a diferentes conductores de línea del mismo circuito.
27-71-05	Punto neutro	Punto común de una red polifásica conectada en estrella o el punto medio de la puesta a tierra de una red monofásica.
27-71-06	Conductor neutro	Conductor conectado eléctricamente al punto neutro y capaz de contribuir a la distribución de la energía eléctrica.
27-71-07	Conductor de punto medio	Conductor conectado eléctricamente al punto medio y capaz de contribuir a la distribución de la energía eléctrica.
27-71-08	Conductor de línea; conductor de fase (desaconsejable)	Conductor bajo tensión en servicio normal y que es capaz de contribuir en el transporte o distribución de la energía eléctrica pero que no es un conductor neutro o un conductor de punto medio.
27-71-09	Conductor de protección; (identificación : PE)	Conductor provisto para fines de seguridad, por ejemplo para la protección contra choques eléctricos.
27-71-10	Conductor de conexión de protección; conductor de equipotencialidad	Conductor de protección provisto para realizar una conexión equipotencial de protección.
27-71-11	Conductor de puesta a tierra de protección	Conductor de protección provisto para realizar la puesta a tierra de protección.
27-71-12	Conductor PEN	Conductor que combina las funciones de un conductor de puesta a tierra de protección y un conductor neutro.
27-71-13	Conductor PEM	Conductor que combina las funciones de un conductor de puesta a tierra de protección y un conductor de punto medio.
27-71-14	Conductor PEL	Conductor que combina las funciones de un conductor de puesta a tierra de protección y un conductor de línea.
27-71-15	Conductor de puesta a tierra funcional	Conductor de puesta a tierra utilizado para la puesta a tierra funcional.
27-71-16	Conductor de conexión funcional	Conductor provisto para realizar una conexión equipotencial funcional.
27-71-17	Conductor de puesta a tierra de protección y de puesta a tierra funcional	Conductor que combina las funciones de un conductor de puesta a tierra de protección y un conductor de puesta a tierra funcional.

27-71-18	Conductor de puesta a tierra de protección y de conexión (equipotencial) funcional	Conductor que combina las funciones de un conductor de puesta a tierra de protección y un conductor de conexión funcional.
27-71-19	Parte activa	Conductor o parte conductora destinada a ser alimentada en servicio normal, incluyendo un conductor neutro, pero por convención no un conductor PEN, PEM o PEL. Nota: <i>Este concepto no necesariamente implica un riesgo de choque eléctrico.</i>
27-71-20	Conductor expuesto (abierto)	Un tipo de línea de suministro eléctrico o comunicaciones en la cual los conductores son desnudos, cubiertos o protegidos, o aislados sin que su pantalla esté puesta a tierra de manera efectiva, soportados directamente en estructuras o con aisladores.
27-71-21	Instalación de puesta a tierra	Todas las conexiones o dispositivos eléctricos comprometidos en la puesta a tierra de una red, una instalación o un equipo.
27-71-22	Red de tomas de tierra	Parte de una instalación de puesta a tierra formada únicamente por electrodos de tierra y sus interconexiones.
27-71-23	Red equipotencial	Interconexión de partes conductoras que permite asegurar una conexión equipotencial entre estas partes. Nota: <i>Si una red de conexión equipotencial se pone a tierra, forma parte de una instalación de puesta a tierra.</i>
27-71-24	Red equipotencial de protección	Red de conexión equipotencial que provee una conexión equipotencial de protección.
27-71-25	Red equipotencial funcional	Red de conexión equipotencial que provee una conexión equipotencial funcional.
27-71-26	Red común de conexión equipotencial	Red de conexión equipotencial que provee tanto una conexión equipotencial de protección como una conexión equipotencial funcional.
27-71-27	Cable de tierra aéreo	Conductor puesto a tierra intencionalmente en uno o todos los apoyos de una línea aérea, que generalmente, pero no necesariamente, se encuentra instalado por encima de los conductores de línea.
27-71-28	Contrapeso eléctrico	Conductor, o sistema de conductores, enterrados en el suelo, y que conectan eléctricamente las bases de los apoyos de una línea aérea.
27-71-29	Toma de tierra enterrada asociada a un cable	Electrodo de tierra usualmente colocado a lo largo de la ruta de un cable para asegurar la puesta a tierra a lo largo de su ruta.
27-71-30	Conductor de tierra en paralelo	Conductor que generalmente se tiende a lo largo de la ruta de un cable para proveer una conexión de baja impedancia entre las instalaciones de la puesta a tierra en los extremos de la ruta de un cable.
27-71-31	Retorno por tierra	Camino conductor eléctrico formado por la Tierra entre las instalaciones de puesta a tierra.
27-71-32	Borne de tierra	Borne de un equipo o dispositivo cuyo fin es ser conectado eléctricamente a la instalación de puesta a tierra.
27-71-33	Borne de equipotencialidad	Borne de un equipo o de un dispositivo cuyo fin es ser conectado eléctricamente a la red de conexión equipotencial.
27-71-34	Borne principal de tierra	Borne o barra que forma parte de una instalación de puesta a tierra de una instalación y que hace posible la conexión eléctrica de cierto número de conductores con fines de puesta a tierra.

27-71-35	Conector de tierra	Aparato mecánico de conexión para partes puestas a tierra de un circuito eléctrico, capaz de soportar durante un tiempo específico corrientes eléctricas en condiciones anormales como las de un cortocircuito, pero que no se requiere para conducir corriente eléctrica en condiciones normales del circuito eléctrico. Nota: <i>Un conector de tierra podría tener la capacidad de establecer un cortocircuito.</i>
27-71-36	Envolvente	Recubrimiento que asegura el tipo y grado de protección apropiados para la aplicación prevista.
27-71-37	Pantalla	Dispositivo cuyo fin es reducir la penetración de un campo eléctrico, magnético o electromagnético en una región determinada.
27-71-38	Pantalla magnética	Pantalla de material ferromagnético utilizada para reducir la penetración de un campo magnético en una región determinada.
27-71-39	Pantalla electromagnética	Pantalla de material conductor utilizada para reducir la penetración de un campo electromagnético variable en una región determinada.
27-71-40	Aislamiento funcional	Aislamiento entre las partes conductoras necesario para el funcionamiento correcto del equipo.

272 CHOQUE ELECTRICO Y CORRIENTES DE UMBRAL

Número	Término	Definición
27-72-01	Quemadura eléctrica	Quemadura de la piel o de un órgano causada por el paso superficial o profundo de una corriente eléctrica.
27-72-02	Tetanización eléctrica	Contracción muscular máxima o cercana al máximo provocada por estimulación eléctrica. Nota: <i>Una tetanización continua podría ser producida por estímulos eléctricos repetidos a intervalos más cortos que la duración de la tetanización producida por un solo estímulo.</i>
27-72-03	Fibrilación	Contracciones repetidas y no coordinadas de las fibras musculares individuales.
27-72-04	Fibrilación cardíaca	Fibrilación de los músculos de una o más cavidades del corazón que genera una alteración de la función cardíaca.
27-72-05	Fibrilación ventricular	Fibrilación cardíaca, limitada a los ventrículos, que provoca una circulación ineficaz y luego el paro del corazón.
27-72-06	Electrocución	Choque eléctrico fatal.
27-72-07	Umbral de percepción de corriente	Valor mínimo de corriente eléctrica que pasa a través del cuerpo de una persona o animal que genera una sensación en dicha persona o animal.
27-72-08	Umbral de tetanización	Para una frecuencia y formas de onda determinadas, valor mínimo de la corriente eléctrica mediante la cual se obtiene una contracción muscular sostenida, insuperable, e involuntaria.
27-72-09	Umbral de corriente de separación	Valor máximo de la corriente que pasa a través del cuerpo de una persona y del cual esta persona puede liberarse por si misma.

27-72-10	Umbral de fibrilación ventricular	Valor máximo de la corriente eléctrica que causa una fibrilación ventricular. Nota: <i>La fibrilación ventricular detiene la circulación de la sangre.</i>
----------	-----------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

273 OPERACION

Número	Término	Definición
27-73-01	Persona común	Persona no instruida ni calificada.
27-73-02	Zona de acceso limitado	Zona accesible únicamente a las personas eléctricamente calificadas y a las personas eléctricamente instruidas provistas de una autorización adecuada.
27-73-03	Conexión del neutro	Modo de conexión eléctrica del punto neutro a la tierra de referencia.
27-73-04	Red con neutro a tierra	Red en la cual al menos un punto neutro está directamente puesto a tierra.
27-73-05	Red con neutro aislado	Red en la cual el punto neutro no se encuentra puesto a tierra intencionalmente, excepto por conexión de impedancia alta con fines de protección o medición.
27-73-06	Corte automático de la alimentación	Interrupción de uno o más de los conductores de línea provocada por el funcionamiento automático de un dispositivo de protección en caso de falla.
27-73-07	Cortocircuito	Camino conductor accidental o intencional entre dos o más partes conductoras que fuerzan a las diferencias de potenciales eléctricos entre estas partes conductoras a ser iguales o cercanas a cero. Conexión intencional o accidental entre dos puntos de un circuito a través de una impedancia despreciable.
27-73-08	Falla en serie; falla de continuidad (de un conductor)	Estado de un elemento caracterizado por la presencia accidental de una impedancia relativamente alta entre dos puntos del mismo conductor.

274 TENSIONES Y CORRIENTES

Número	Término	Definición
27-74-01	Tensión entre fases; tensión compuesta (en una red trifásica)	Tensión entre dos conductores de línea en un punto dado de un circuito eléctrico.
27-74-02	Tensión fase – neutro; tensión simple	Tensión entre un conductor de línea y un conductor neutro en un punto dado de un circuito c.a.
27-74-03	Tensión fase-tierra	Tensión entre un conductor de línea y una tierra de referencia en un punto dado de un circuito eléctrico.
27-74-04	Tensión de desplazamiento del punto neutro	Tensión entre el punto neutro real o virtual y la tierra de referencia en una red polifásica.
27-74-05	Tensión de cortocircuito a tierra	Tensión entre un punto específico y una tierra de referencia para una ubicación dada del cortocircuito y un valor de corriente de cortocircuito.
27-74-06	Tensión de falla a tierra	Tensión entre un punto específico y la tierra de referencia para una ubicación dada de la falla a tierra y un valor dado de la corriente de falla a tierra.
27-74-07	Potencial del conductor de (puesta a) tierra	Tensión entre el conductor de puesta a tierra y la tierra de referencia.

27-74-08	Potencial del suelo respecto de tierra	Tensión entre un punto específico de la superficie de la Tierra y la tierra de referencia.
27-74-09	Tensión de contacto prevista	Tensión entre partes conductoras simultáneamente accesibles cuando estas partes conductoras no son tocadas por una persona o un animal.
27-74-10	Tensión límite convencional de contacto	Valor máximo de la tensión de contacto prevista que se puede mantener indefinidamente en condiciones específicas de influencias externas.
27-74-11	Tensión de contacto efectiva	Tensión entre las partes conductoras cuando son tocadas simultáneamente por una persona o un animal. Nota: <i>El valor de la tensión de contacto efectiva puede verse sensiblemente influenciada por la impedancia de la persona o del animal en contacto eléctrico con estas partes conductoras.</i>
27-74-12	Tensión de paso	Tensión entre dos puntos de la superficie de la tierra que se encuentran a 1 m de distancia una de la otra, que se considera como el largo de una zancada de una persona.
27-74-13	Potencial de contacto (de señalización o de control)	Potencial eléctrico de una parte activa destinada a ser tocada por una persona con fines de señalización o control.
27-74-14	Coefficiente de defecto a tierra	En una ubicación dada de un sistema trifásico, y para una configuración de red dada, la relación entre el valor de la raíz cuadrada media más alta de la tensión línea a tierra, a la frecuencia de la red, en un conductor de línea sano durante una falla a tierra que afecta uno o más conductores de línea en cualquier punto de la red, y el valor de la raíz cuadrada de una tensión de línea a tierra, a la frecuencia de la red, que podría obtenerse en una ubicación dada en ausencia de dicha falla a tierra.
27-74-15	Corriente de fuga	Corriente eléctrica, que en condiciones normales de funcionamiento, se cuela por un camino eléctrico no deseado.
27-74-16	Corriente vagabunda	Corriente de fuga en la tierra o en las estructuras metálicas enterradas y que se deriva de una puesta a tierra intencional o no.
27-74-17	Corriente parcial de cortocircuito	Corriente eléctrica en un punto dado de una red que se origina a partir de un cortocircuito en otro punto de la misma red.
27-74-18	Corriente de cortocircuito	Corriente eléctrica en un cortocircuito dado.
27-74-19	Corriente parcial de falla de continuidad	Corriente eléctrica en un punto dado de una red que se origina a partir de una falla de continuidad de un conductor en otro punto de la misma red.
27-74-20	Corriente de falla de continuidad	Corriente eléctrica en la impedancia que genera la falla de continuidad del conductor.

275 MEDIDAS DE PROTECCION PARA SEGURIDAD ELECTRICA

Número	Término	Definición
27-75-01	Protección principal	Protección contra el choque eléctrico en condiciones de ausencia de fallas.
27-75-02	Contacto directo	Contacto eléctrico de personas o animales con partes activas.
27-75-03	Contacto indirecto	Contacto eléctrico de personas o animales con partes conductoras expuestas que se han hecho activas en condiciones de falla.

27-75-04	Parte activa peligrosa	Parte activa que, bajo ciertas condiciones, puede provocar un choque eléctrico perjudicial.
27-75-05	Aislamiento principal	Aislamiento de partes activas peligrosas que proveen una protección básica. Nota: <i>Este concepto no se aplica al aislamiento utilizado exclusivamente para fines funcionales.</i>
27-75-06	Aislamiento suplementario	Aislamiento independiente aplicado además del aislamiento principal, para protección contra fallas.
27-75-07	Doble aislamiento	Aislamiento que comprende tanto el aislamiento principal como el aislamiento suplementario.
27-75-08	Aislamiento reforzado	Aislamiento de las partes activas peligrosas que provee un grado de protección contra choque eléctrico equivalente a un aislamiento doble. Nota: <i>El aislamiento reforzado podría comprender varias capas que no pueden ensayarse individualmente como aislamiento principal o aislamiento suplementario.</i>
27-75-09	Parte conductora accesible	Parte o equipo conductor susceptible al tacto y que normalmente no se encuentra activo pero que se hace activo cuando falla el aislamiento principal.
27-75-10	Elemento conductor extraño	Parte conductora que no forma parte de la instalación eléctrica y que es susceptible a introducir un potencial eléctrico, generalmente un potencial de una tierra local.
27-75-11	Zona de alcance de la mano	Zona que se extiende entre cualquier punto de la superficie donde las personas generalmente se paran o se desplazan y los límites que una persona puede alcanzar con la mano, en cualquier dirección, sin ayuda.
27-75-12	Trabajo a mano desnuda	Técnica para realizar trabajos en vivo sobre líneas y equipos energizados, donde uno o más trabajadores laboran directamente con las partes energizadas después de haber sido conectados al mismo potencial del equipo energizado. Estos trabajadores normalmente están soportados por escaleras aislantes, dispositivo aéreo aislante, helicóptero, cuerdas no conductoras o los cables o equipos energizados sobre los cuales se está trabajando. La mayor parte de estos trabajos incluye el uso de herramientas aislantes para trabajar en vivo.
27-75-13	Envoltura eléctrica	Envoltura que provee protección frente a peligros previsible generados por la electricidad.
27-75-14	Envoltura de protección (eléctrica)	Envoltura eléctrica que rodea las partes internas de un equipo para evitar el acceso de partes activas peligrosas de cualquier dirección.
27-75-15	Barrera de protección (eléctrica)	Parte que provee protección frente al contacto directo de toda dirección habitual de acceso.
27-75-16	Obstáculo de protección (eléctrica)	Parte que evita el contacto directo no intencional, pero que no evita el contacto directo provocado por una acción deliberada.
27-75-17	Avisos de seguridad	Advertencia de prevención de accidentes (peligro, gente trabajando, etc.) de una apariencia distintiva, utilizada con el propósito de proteger al personal indicando que se restringe, el acceso o la operación de un dispositivo en particular.
27-75-18	Señales de seguridad	Indicaciones, letreros, rótulos, que dan directivas a seguir para evitar riesgo eléctrico, u otros peligros y que su cumplimiento ayuda a un desarrollo de actividades con mayor seguridad.

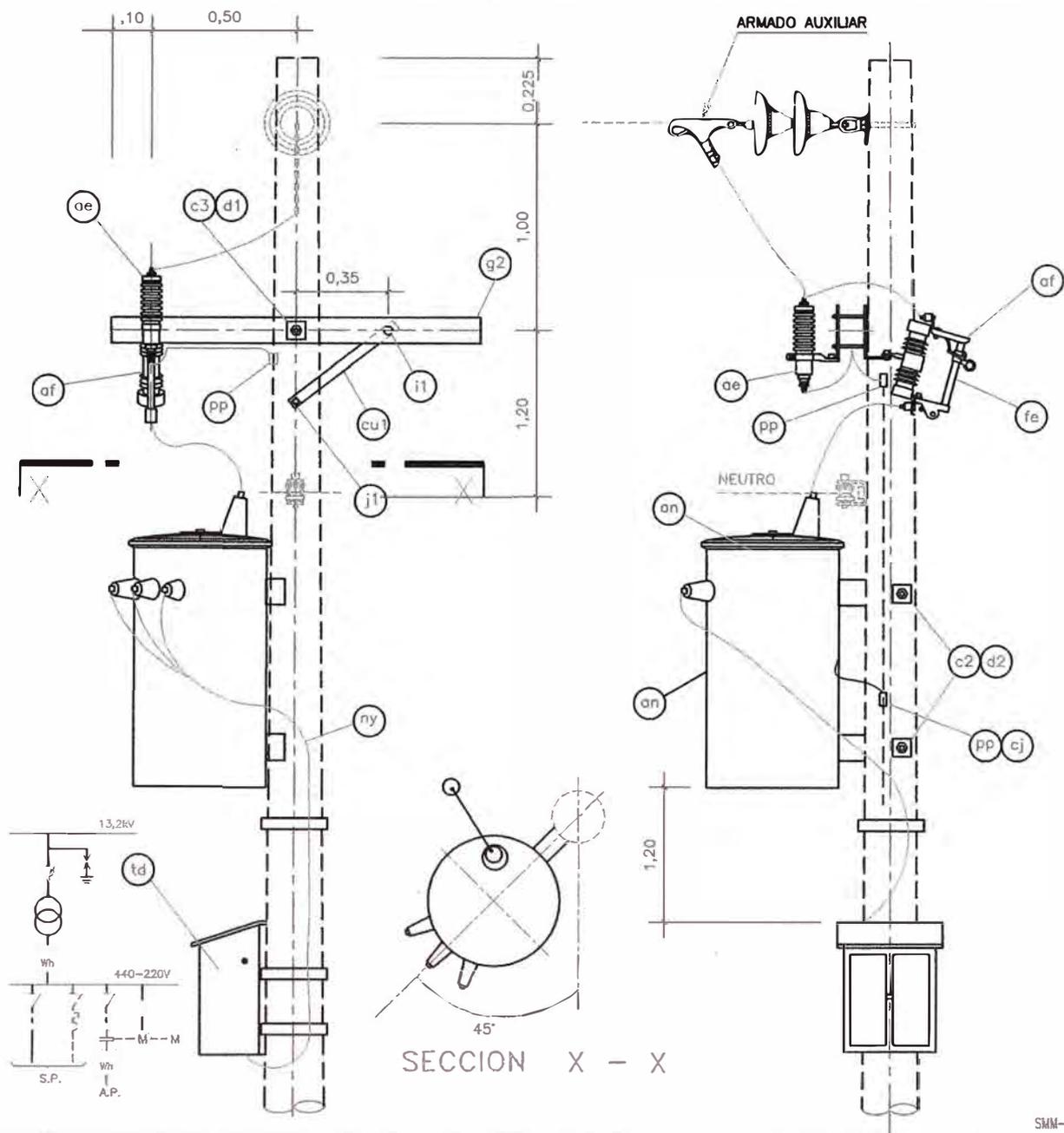
27-75-19	Arnés (de cuerpo entero)	Un componente con un diseño de correas que es ajustado alrededor del trabajador en una manera que contenga el torso y distribuya las fuerzas de retención de caídas al menos sobre los muslos superiores, la pelvis, el pecho y los hombros y provisto de medios de sujeción con otros componentes o subsistemas.
27-75-20	Cinturón de seguridad para trabajadores de línea	Cinturón que consiste de una correa y anillos tipo de una D y que puede incluir un portaherramientas. Sinónimo: cinturón de seguridad para liniero.
27-75-21	Correa de posicionamiento	Una correa con broches de gancho para conectar los anillos en D de un cinturón de seguridad o de un arnés de cuerpo entero.
27-75-22	Cuerda de seguridad	Una línea o red flexible, una cuerda, un alambre o una cinta que generalmente tiene un conector a cada extremo para conectar el cinturón de seguridad, la correa aérea, o un arnés de cuerpo entero a un dispositivo de absorción de energía, línea de seguridad (línea de vida), o anclaje.
27-75-23	Dispositivo de posicionamiento	Un equipo que al ser utilizado con un cinturón de seguridad o con un arnés, permite al trabajador ser retenido en una posición elevada de una superficie vertical, tal como un poste o una torre y le permite trabajar con ambas manos.
27-75-24	Sistema de detención de caídas	El conjunto de equipos tales como cinturón de seguridad para trabajadores de líneas, correa aérea, o arnés de cuerpo entero en conjunto con medios de conexión, con o sin un dispositivo absorbente de energía, y un anclaje para limitar los esfuerzos que un trabajador puede experimentar durante una caída.
27-75-25	Sistema de prevención de caídas	Un sistema que puede incluir un dispositivo de posicionamiento concebido para impedir que un trabajador caiga desde un punto elevado.
27-75-26	Sistema de protección de caídas (equipo)	Consiste bien sea de un sistema de prevención de caídas o de un sistema de detención de caídas.
27-75-27	Fuente de corriente limitada	Dispositivo que suministra energía eléctrica a un circuito eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> - con corriente estacionaria y una carga eléctrica limitada a niveles no peligrosos y, - con una separación de protección eléctrica entre la salida del dispositivo y cualquier parte activa peligrosa.
27-75-28	Ambiente no conductor	Medida por la cual una persona o un animal que tocan las partes conductoras expuestas que se han vuelto activas y peligrosas es protegida por la impedancia alta de su ambiente (por ejemplo, paredes y pisos aislantes) y por la ausencia de partes conductoras puestas a tierra.

ANEXO G
CUADRO DE VALORES DE PUESTA A TIERRA EN SUBESTACIONES DE
DISTRIBUCIÓN.

Sistema	Potencia del transformador kVA	Resistencia de puesta a tierra en ohm
1 ϕ	5	25
1 ϕ	10	25
1 ϕ	15	20
1 ϕ	25	15
3 ϕ y 1 ϕ entre fases	Todas	25

ANEXO H
SOPORTES NORMALIZADOS PARA SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN.

060	S.E..Monofásica monoposte en fin de línea sin pararrayos/ con pararrayos
061	S.E. Monofásica monoposte, en alineamiento sin pararrayos/ con pararrayos
062	S.E. Bifásica monoposte, en fin de línea sin pararrayos/ con pararrayos
063	S.E. Bifásica monoposte, en alineamiento sin pararrayos/ con pararrayos
064(1/2)	Subestación trifásica biposte
064(2/2)	Subestación trifásica biposte
064(A)	Diagrama unifilar Tablero de distribución trifásico
064(B)	Diagrama unifilar Tablero de distribución monofásico



ny	CABLE NYY UNIPOLAR EN CONFORMACION PARALELA SECCION SEGUN REQUERIMIENTO	SMM-1	SMM-1P
td	TABLERO DE DISTRIBUCION MONOFASICO	1	1
pp	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO SEGUN REQUERIMIENTO	2	3
d1	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mm ϕ DE AGUJERO	2	3
c3	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mm ϕ x 356mm LONG., 152mm MAQUINADO CON TUECA Y CONTRATUERCA	1	1
cj	CONDUCTOR DE Cu PARA PUESTA A TIERRA, SEGUN REQUERIMIENTO.	2,0m	3,0m
cu1	BRAZO DE SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR, DE A'G', 38 x 6mm SECCION, 710mm LONGITUD	1	1
j1	TIRAFONDO DE A'G', 13mm ϕ x 102mm LONGITUD	1	1
i1	PERNO COCHE DE A'G', 13mm ϕ x 152mm LONG., MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1	1
g2	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90 x 115mm SECCION, 1,20m LONGITUD	1	1
af	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSION	1	1
c2	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mm ϕ x 305mm LONG., 152 MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2	2
d2	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mm ϕ DE AGUJERO	3	3
fe	FUSIBLE TIPO EXPULSION, SEGUN REQUERIMIENTO	1	1
ae	PARARRAYOS TIPO AUTOVALVULA DE OXIDO METALICO	-	1
an	TRANSFORMADOR MONOFASICO FASE - NEUTRO	1	1

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
--------	----------	-------------	-------

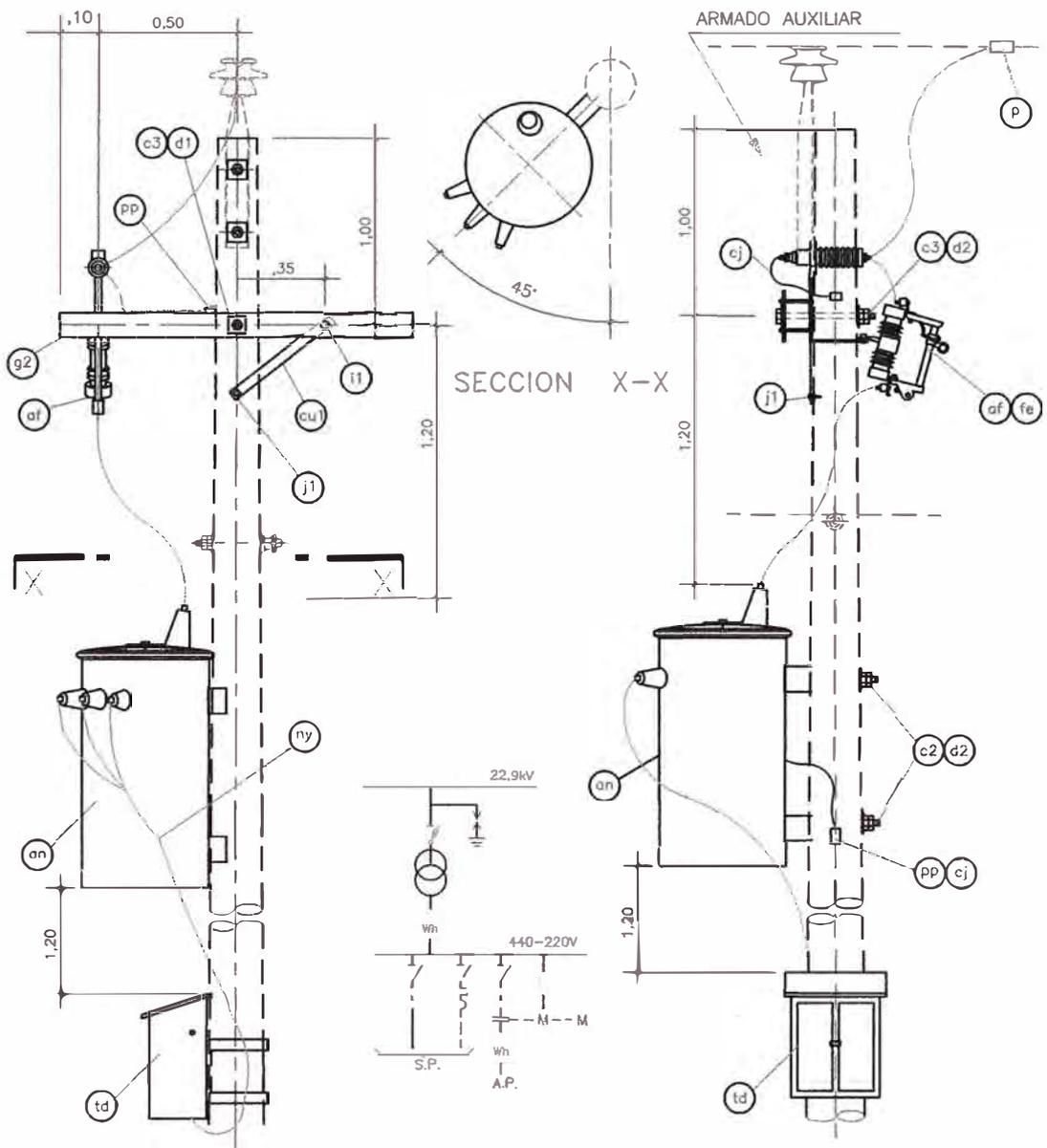
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISERNO:	A.Q.P.
REVISOR:	C.H.M.
DIBUJOS:	A.Q.P.
FECHA:	SET-2008
ESC:	S/E

S.E. MONOFASICA MONOPOSTE EN FIN DE LINEA
SIN PARARRAYOS/CON PARARRAYOS
TIPO SMM-1/SMM-1P

LAMINA N°:
060



SMM-2 SMM-2P

td	TABLERO DE DISTRIBUCION MONOFASICO	1	1
ny	CABLE NYY UNIPOLAR EN FORMACION PARALELA, SECCION SEGUN REQUERIMIENTO	5,0m	5,0m
p	GRAPA DE DOBLE VIA, SEGUN REQUERIMIENTO.	1	1
pp	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO SEGUN REQUERIMIENTO	2	3
d1	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mm ϕ DE AGUJERO	1	1
c3	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mm ϕ x 356mm LONG., 152mm MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1	1
cj	CONDUCTOR DE COBRE PARA PUESTA A TIERRA, SEGUN REQUERIMIENTO.	2,0m	3,0m
cu1	BRAZO SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR A'G', 38 x 38 x 6mm. SECCION, 710mm. LONGITUD.	1	1
j1	TIRAFONDO DE A'G', 13mm ϕ x 102mm LONGITUD	1	1
ii	PERNO COCHE DE A'G', 13mm ϕ x 152mm LONG., MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1	1
g2	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90 x 115mm SECCION, 1,20m LONGITUD.	1	1
af	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSION	1	1
c2	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mm ϕ x 305mm LONG., 152 MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2	2
d2	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mm ϕ DE AGUJERO	3	3
fe	FUSIBLE TIPO EXPULSION, SEGUN REQUERIMIENTO	1	1
ae	PARARRAYOS TIPO AUTOVALVULA DE OXIDO METALICO	-	1
an	TRANSFORMADOR MONOFASICO FASE - NEUTRO	1	1

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
--------	----------	-------------	-------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

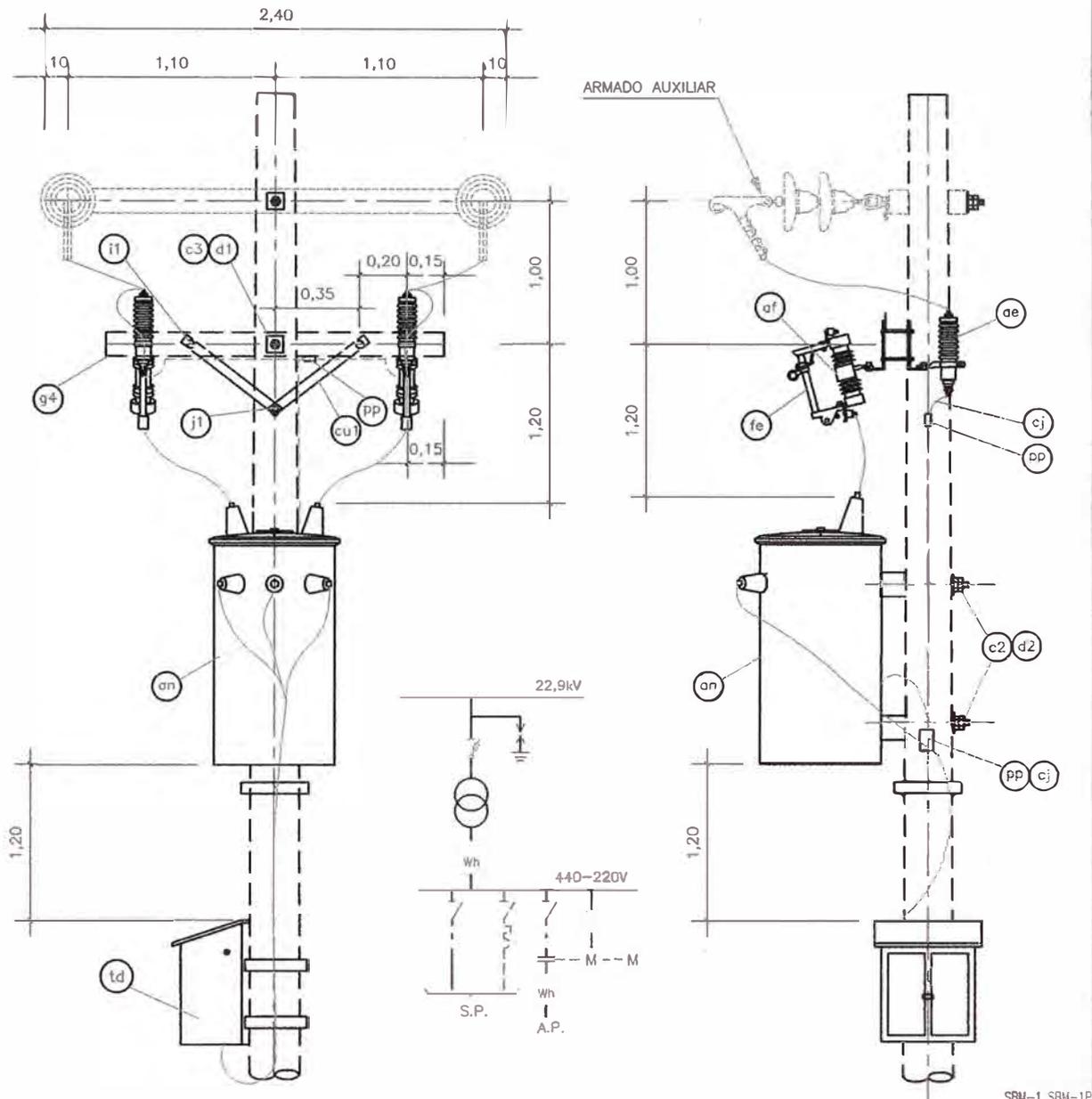
S.E. MONOFASICA MONOPOSTE, EN ALINEAMIENTO
SIN PARARRAYOS/CON PARARRAYOS
TIPO SMM-2/SMM-2P

LAMINA Nº:

061



DISEÑO:	A.Q.P.
REVISÓ:	C.H.M.
DIBUJO:	A.Q.P.
FECHA:	SET-2008
ESC:	S/E

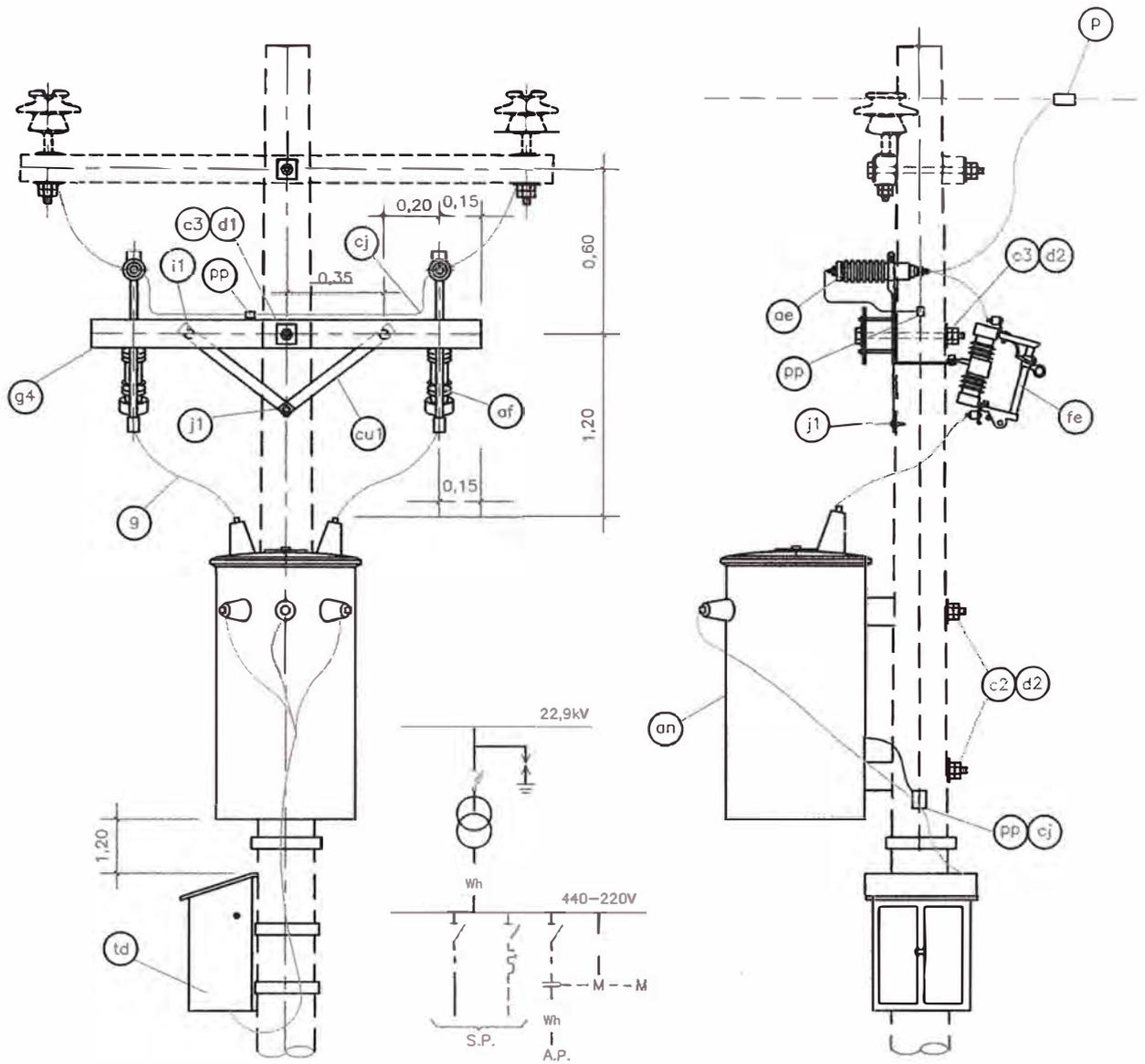


ny	CABLE NYY UNIPOLAR EN CONFORMACION PARALELA, SECCION SEGUN REQUERIMIENTO	SBM-1 SBM-1P	5,0m 5,0m
td	TABLERO DE DISTRIBUCION MONOFASICO		1 1
c3	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mm ϕ x 356mm LONG., 152mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA		1 1
i1	PERNO COCHE DE A'G', 13mm ϕ x 152mm LONG., 76mm MAQUINADO, CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA		2 2
g4	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90 x 115mm SECCION, 1,50m LONGITUD		1 1
j1	TIRAFONDO DE A'G', 13mm ϕ x 102mm LONGITUD		1 1
cu1	BRAZO SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A'G', 38 x 38 x 6mm SECCION, 710mm LONGITUD		2 2
cj	CONDUCTOR DE COBRE PARA PUESTA A TIERRA, SEGUN REQUERIMIENTO		2,0m 4,0m
d1	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mm ϕ DE AGUJERO		1 1
pp	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO SEGUN REQUERIMIENTO		2 4
fe	FUSIBLE TIPO EXPULSION, SEGUN REQUERIMIENTO		2 2
c2	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mm ϕ x 305mm LONG., 152 mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA		2 2
ae	PARARRAYOS TIPO AUTOVALVULA DE OXIDO METALICO		- 2
d2	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mm ϕ DE AGUJERO		3 3
af	SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR TIPO EXPULSION		2 2
an	TRANSFORMADOR MONFASICO FASE - FASE		1 1

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
--------	----------	-------------	-------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

	DISEÑO:	A.Q.P.	<p align="center">S.E. BIFASICA MONOPOSTE, EN FIN DE LINEA SIN PARARRAYOS/CON PARARRAYOS TIPO SBM-1/SBM-1P</p>	LAMINA N°: 062
	REVISO:	C.H.M.		
	DIBUJO:	A.Q.P.		
	FECHA:	SET-2008		

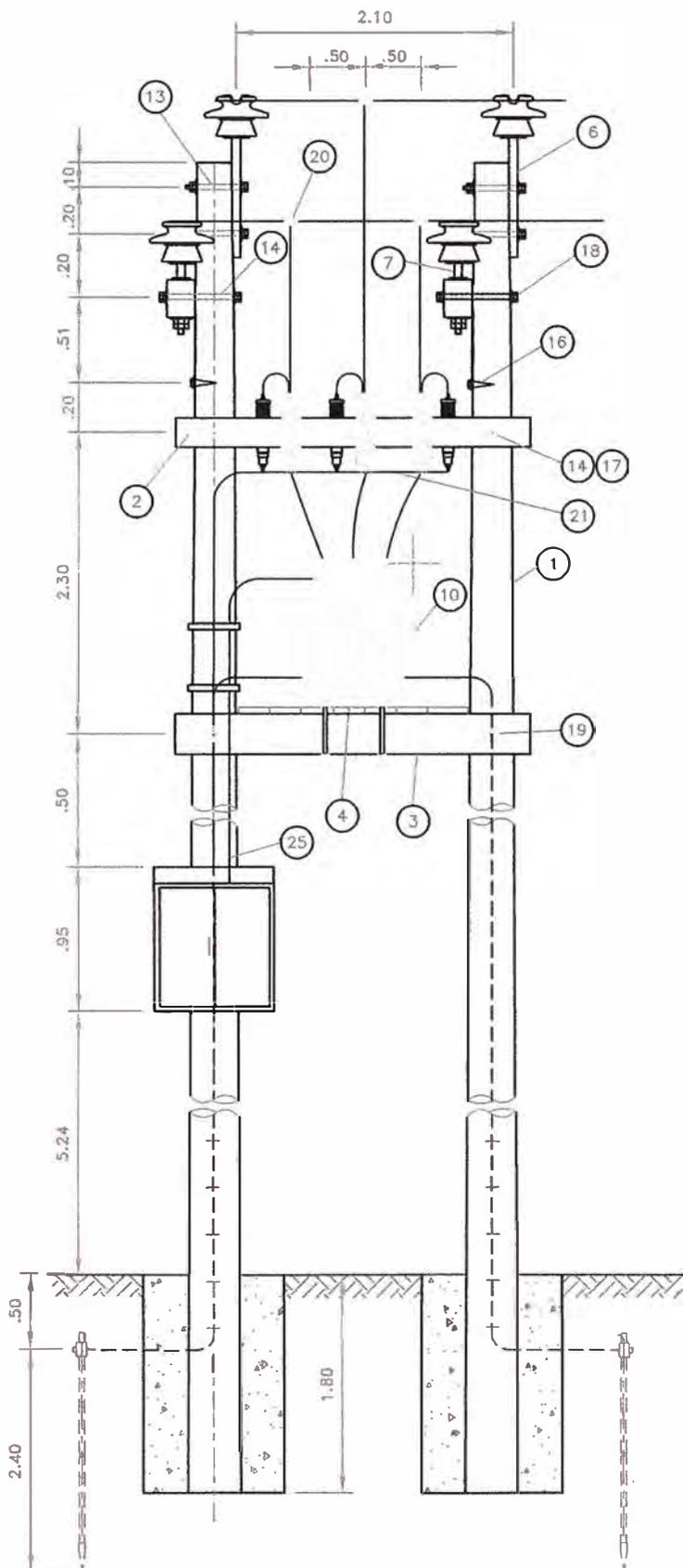


CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
	ny	CABLE NYY UNIPOLAR EN CONFORMACION PARALELA, SECCION SEGUN REQUERIMIENTO	SBM-2 SBM-2P 5m 5m
	td	TABLERO DE DISTRIBUCION MONOFASICO	1 1
	p	GRAPA DE DOBLE VIA SEGUN REQUERIMIENTO	2 2
	c3	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mmφ x 356mm LONG., 152mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1 1
	i1	PERNO COCHE DE A'G', 13mmφ x 152mm LONG., 76mm MAQUINADO, CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA	2 2
	g4	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90 x 115mm SECCION, 1,50m LONGITUD	1 1
	j1	TIRAFONDO DE A'G', 13mmφ x 102mm LONGITUD	1 1
	cu1	BRAZO SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A'G', 38 x 38 x 6mm SECCION, 710mm LONGITUD	2 2
	cj	CONDUCTOR DE Cu PARA PUESTA A TIERRA, SEGUN REQUERIMIENTO	2m 4m
	d1	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mm φ DE AGUJERO	1 1
	pp	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO SEGUN REQUERIMIENTO	2 4
	fe	FUSIBLE TIPO EXPULSION, SEGUN REQUERIMIENTO	2 2
	c2	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mmφ x 305mm LONG., 152 mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2 2
	ae	PARARRAYOS CLASE DISTRIBUCION DE OXIDO METALICO	- 2
	d2	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G', 57 x 57 x 5mm, 18mmφ DE AGUJERO	3 3
	af	SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR, TIPO EXPULSION	2 2
	an	TRANSFORMADOR MONOFASICO FASE - FASE	- -

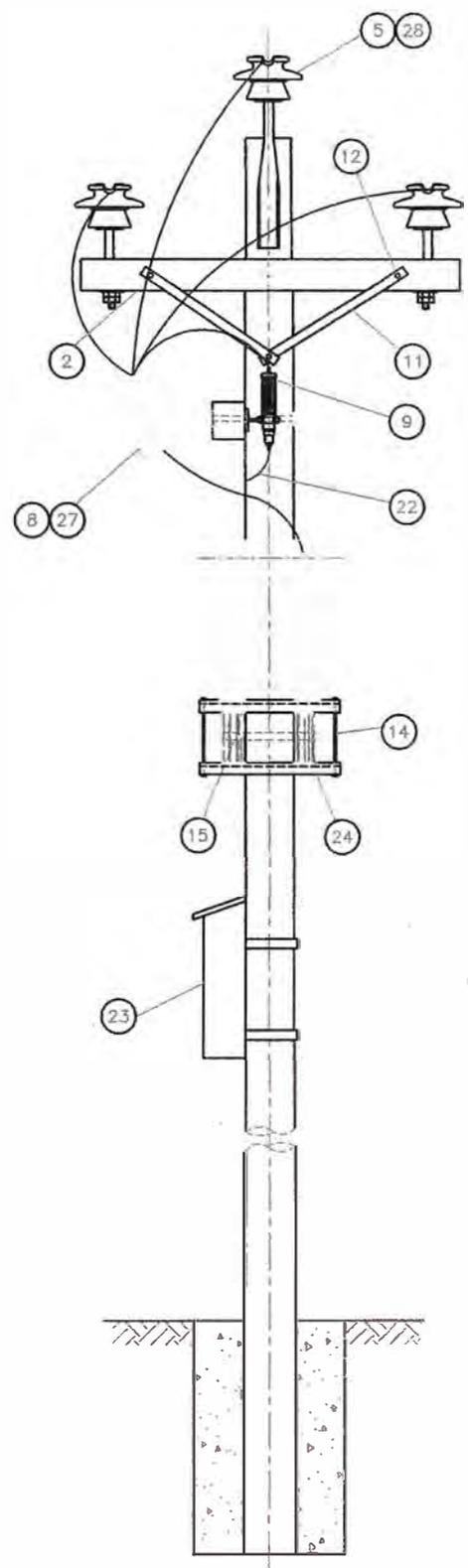
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
--------	----------	-------------	-------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

	DISEÑO: A.Q.P.	S.E. BIFASICA MONOPOSTE, EN ALINEAMIENTO SIN PARARRAYOS/CON PARARRAYOS TIPO SBM-2/SBM-2P	LÁMINA N°:
	REVISÓ: C.H.M.		063
	DIBUJÓ: A.Q.P.		
	FECHA: SET-2008 ESC: S/E		



FRONTAL



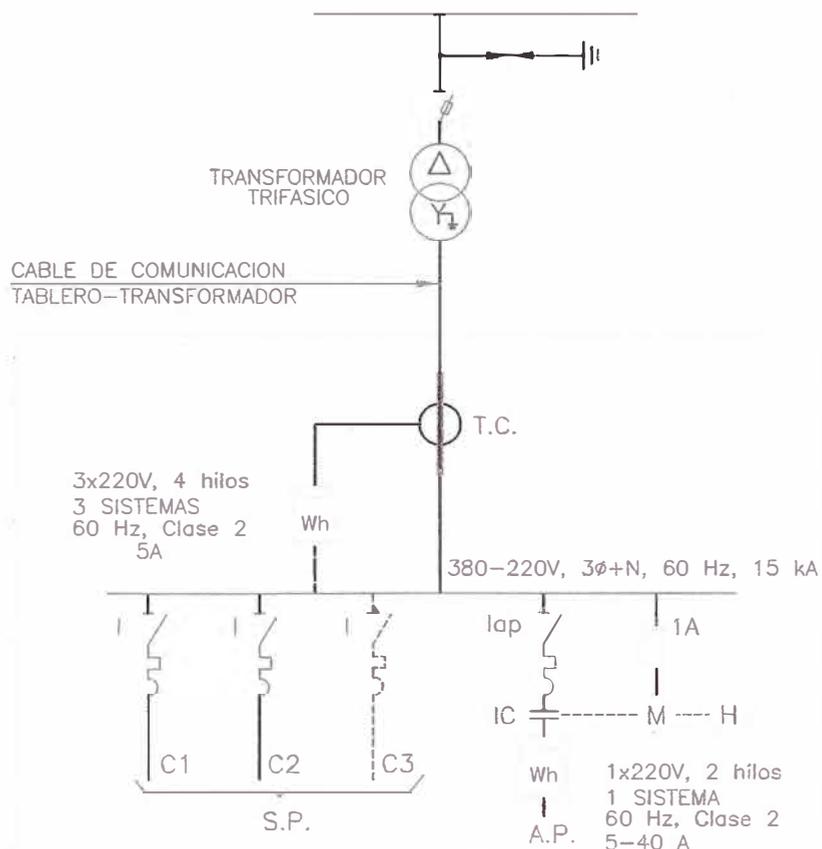
PERFIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

	DISEÑO:	A.Q.P.
	REVISO:	C.H.M.
	DIBUJO:	A.Q.P.
	FECHA:	SET-2008
	ESC:	S/E

SUBESTACION TRIFASICA BIPOSTE
 TIPO STB

LAMINA N°:
 064--(1/2)



28	ALAMBRE DE AMARRE, SEGUN REQUERIMIENTO	15m
27	FUSIBLE TIPO EXPULSION, SEGUN REQUERIMIENTO	3
26	CONECTOR DE Cu. TIPO PERNO PARTIDO	4
25	CABLE NYU UNIPOLAR EN CONFORMACION PARALELA, SEGUN REQUERIMIENTO	5m
24	PERFIL DE FIERRO GALVANIZADO "C" 75x38x6.35mm, LONGITUD SEGUN REQUERIMIENTO	2
23	TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO, INCLUYE ACCESORIOS PARA FIJACION.	1
22	GRAPA EN "U" PARA FIJACION DE CONDUCTOR DE BAJADA A TIERRA	20
21	CONDUCTOR DE COBRE, PARA PUESTA A TIERRA, SEGUN REQUERIMIENTO	10m
20	GRAPA DE DOBLE VIA, SEGUN REQUERIMIENTO	3
19	ARANDELA PLANA CUADRADA DE A'G' DE 75x75x5mm, AGUJERO DE 21mmØ	4
18	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G' DE 57x57x5mm AGUJERO DE 18mmØ	2
17	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G' DE 57x57x5mm, AGUJERO DE 18mmØ	4
16	TIRAFONDO DE A'G' 13mmØx102mm LONG.	2
15	PERNO DE A'G' DE 19mmØ 508mm CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2
14	PERNO DE A'G' DE 16mmØ 356mm CON TUERCA Y CONTRATUERCA	8
13	PERNO DE A'G' DE 16mmØ 305mm CON TUERCA Y CONTRATUERCA	4
12	PERNO-COCHETE DE A'G' 13mm x 152mm CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA	4
11	BRAZO-SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A'G' DE 38x38x6mm, 710mm LONG.	4
10	TRANSFORMADOR TRIFASICO, INCLUYE ACCESORIOS PARA FIJACION.	1
9	PARARRAYOS, TIPO AUTOVALVULA DE OXIDO METALICO	3
8	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSION	3
7	ESPIGA PARA CRUCETA, SEGUN REQUERIMIENTO	4
6	ESPIGA PARA CABEZA DE POSTE, SEGUN REQUERIMIENTO	2
5	AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN CLASE ANSI, SEGUN REQUERIMIENTO	6
4	TABLA DE MADERA TRARADA DE 300x300x25mm	6
3	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90x254mm SECC. 2,40m LONG.	2
2	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90x115mm DE SECCION Y 2,40m LONG.	3
1	POSTE NORMALIZADO DE MADERA TRATADA, SEGUN REQUERIMIENTO	-

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
--------	----------	-------------	-------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

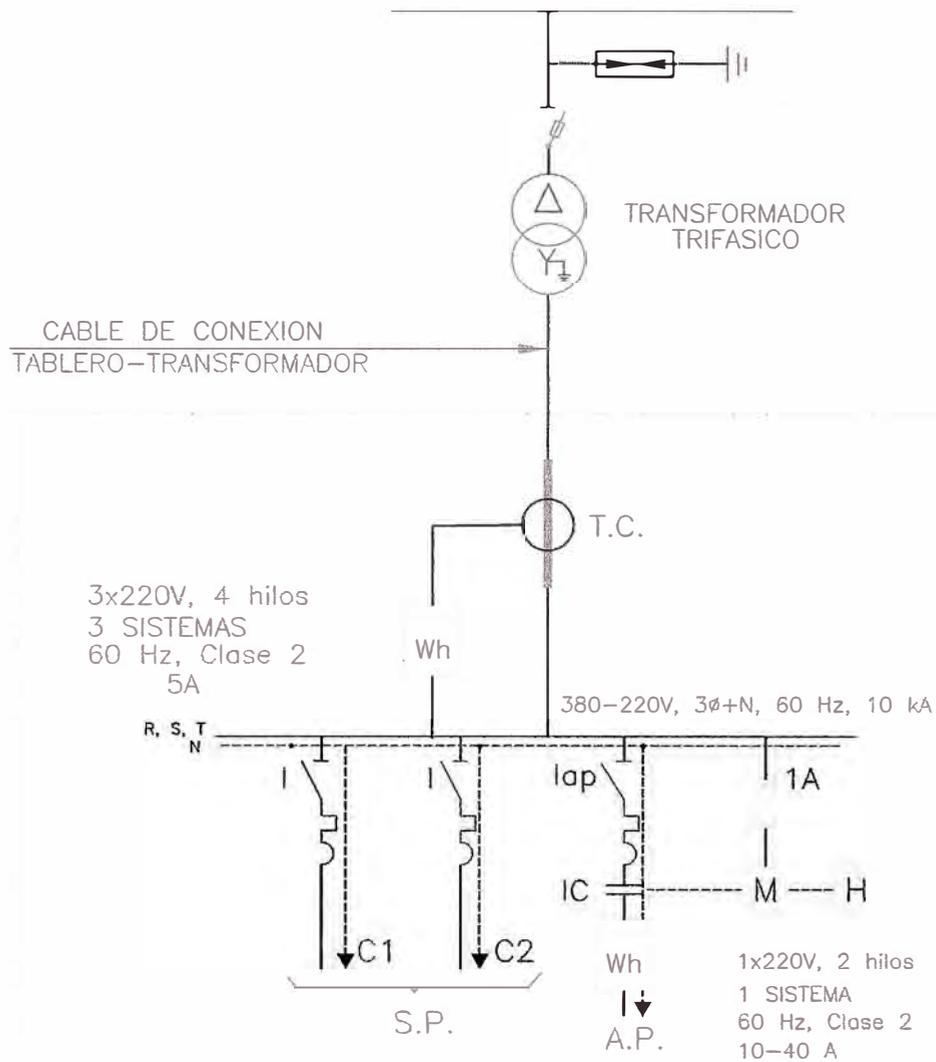


DISÑO:	A.Q.P.
REVISO:	C.H.M.
DIBUJO:	A.Q.P.
FECHA:	SET-2008
ESC:	S/E

SUBESTACION TRIFASICA BIPOSTE
TIPO STB

LAMINA N°:

064-(2/2)



POTENCIA TRANSFORMADOR (kVA)	CABLE DE COMUNICACION DEL TRANSFORMADOR AL TABLERO DE DISTRIBUCION	CORRIENTE NOMINAL DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS		T.C.	CORRIENTE NOMINAL DEL CONTACTOR I _c	CORRIENTE DEL MEDIDOR DE ENERGIA	FUSIBLE EXPULSION
		I	I _{ap}				
40	NY 3-1x35 + 1x25 mm ²	3x40 A, 6 kA	1x16 A	100/5	2x30 A	5 (10) A	2 A, K
75	NY 3-1x50 + 1x35 mm ²	3x80 A, 6 kA	1x20 A	150/5	2x30 A	5 (10) A	3 A, K
100	NY 3-1x70 + 1x35 mm ²	3x100 A, 6 kA	1x30 A	200/5	2x30 A	5 (10) A	5 A, K
160	NY 3-1x120 + 1x70 mm ²	3x150 A, 6 kA	1x40 A	300/5	2x40 A	5 (10) A	5 A, K

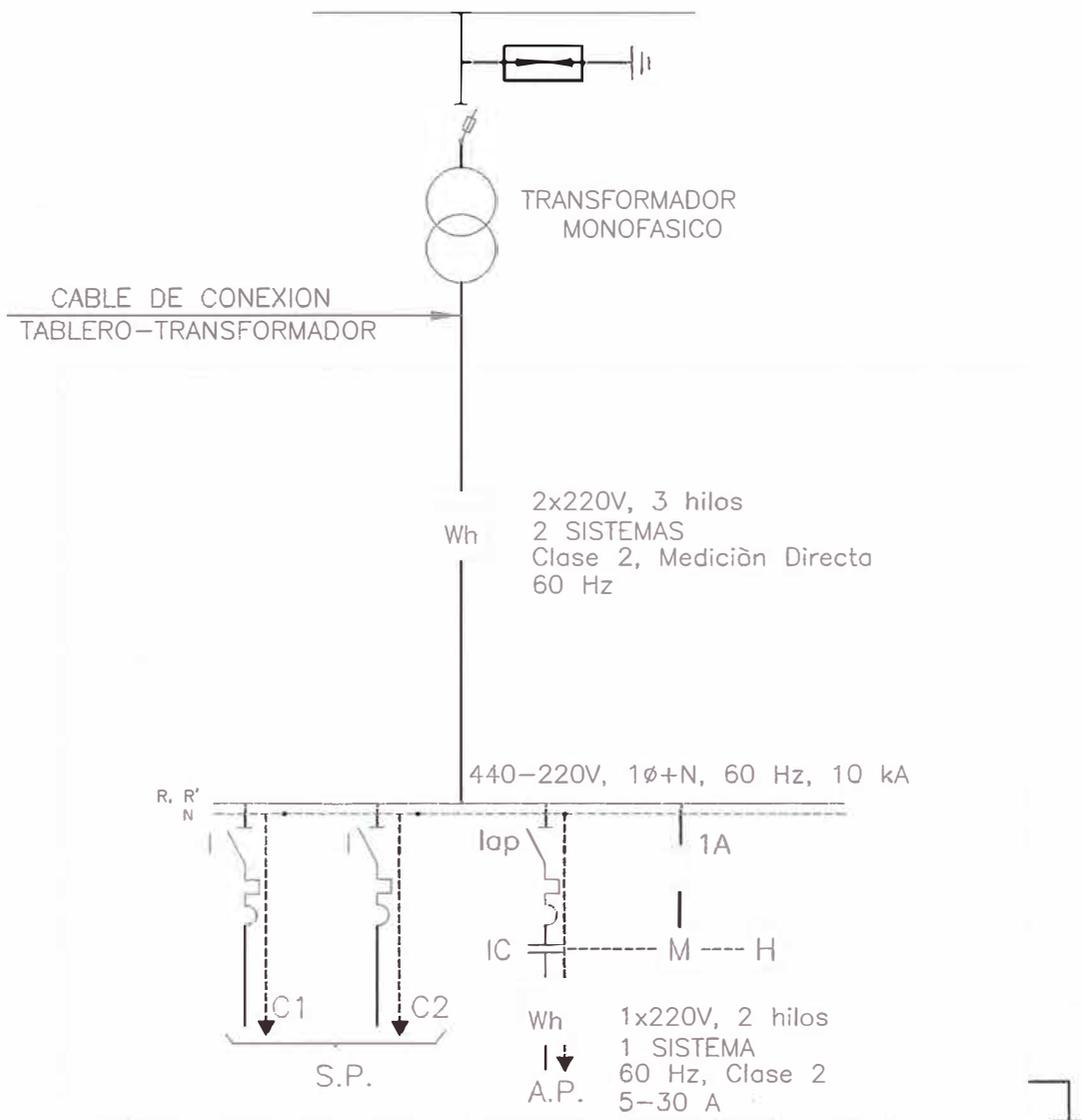
- 1.- TODOS LOS INTERRUPTORES DEL SERVICIO PARTICULAR (S.P.) SERAN CONECTADOS ENTRE FASES (380 V).
- 2.- EL SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL DE ALUMBRADO PUBLICO (A.P.) SERA CONECTADO ENTRE FASE Y NEUTRO (220 V).
- 3.- LAS SALIDAS DE LOS CIRCUITOS SERAN POR LA PARTE INFERIOR DEL TABLERO Y SERAN COMPLETAMENTE HERMETICOS (IP 54).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

	DISEÑO:	A.Q.P.
	REVISÓ:	C.H.M.
	DIBUJÓ:	A.Q.P.
	FECHA:	SET-2008
ESC:	S/E	

DIAGRAMA UNIFILAR
TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO
380/220V, 60 Hz

LAMINA Nº:
064-A



POTENCIA TRANSFORMADOR (kVA)	CABLE DE COMUNICACION DEL TRANSFORMADOR AL TABLERO DE DISTRIBUCION	CORRIENTE NOMINAL DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS (A)		CORRIENTE NOMINAL DEL CONTACTOR (A) I_c	CORRIENTE DEL MEDIDOR DE ENERGIA	FUSIBLE EXPULSION
		I	I_{lap}			
05	NY 2-1x25 + 1x16 mm ²	2x16 A, 6 kA	1x6 A, 6 kA	2x20 A	10 (40) A	2 A, K
10	NY 2-1x25 + 1x16 mm ²	2x32 A, 6 kA	1x6 A, 6 kA	2x20 A	10 (40) A	2 A, K
15	NY 2-1x35 + 1x25 mm ²	2x25 A, 6 kA	1x16 A, 6 kA	2x20 A	10 (60) A	3 A, K
25	NY 2-1x35 + 1x25 mm ²	2x40 A, 6 kA	1x16 A, 6 kA	2x20 A	15 (100) A	3 A, K

- 1.- LOS TABLEROS PARA SUBESTACIONES DE 05 Y 10 kVA VENDRAN EQUIPADOS CON UN SOLO INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO PARA EL SERVICIO PARTICULAR (S.P.).
- 2.- TODOS LOS TABLEROS ESTARAN EQUIPADOS CON SISTEMA DE CONTROL Y MEDICION PARA ALUMBRADO PUBLICO (A.P.).
- 3.- TODOS LOS INTERRUPTORES DEL SERVICIO PARTICULAR (S.P.) SERAN CONECTADOS ENTRE FASES (440 V).
- 4.- EL SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL DE ALUMBRADO PUBLICO (A.P.) SERA CONECTADO ENTRE FASE Y NEUTRO (220 V).
- 5.- LAS SALIDAS DE LOS CIRCUITOS SERAN POR LA PARTE INFERIOR DEL TABLERO Y SERAN COMPLETAMENTE HERMETICOS (IP 54).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



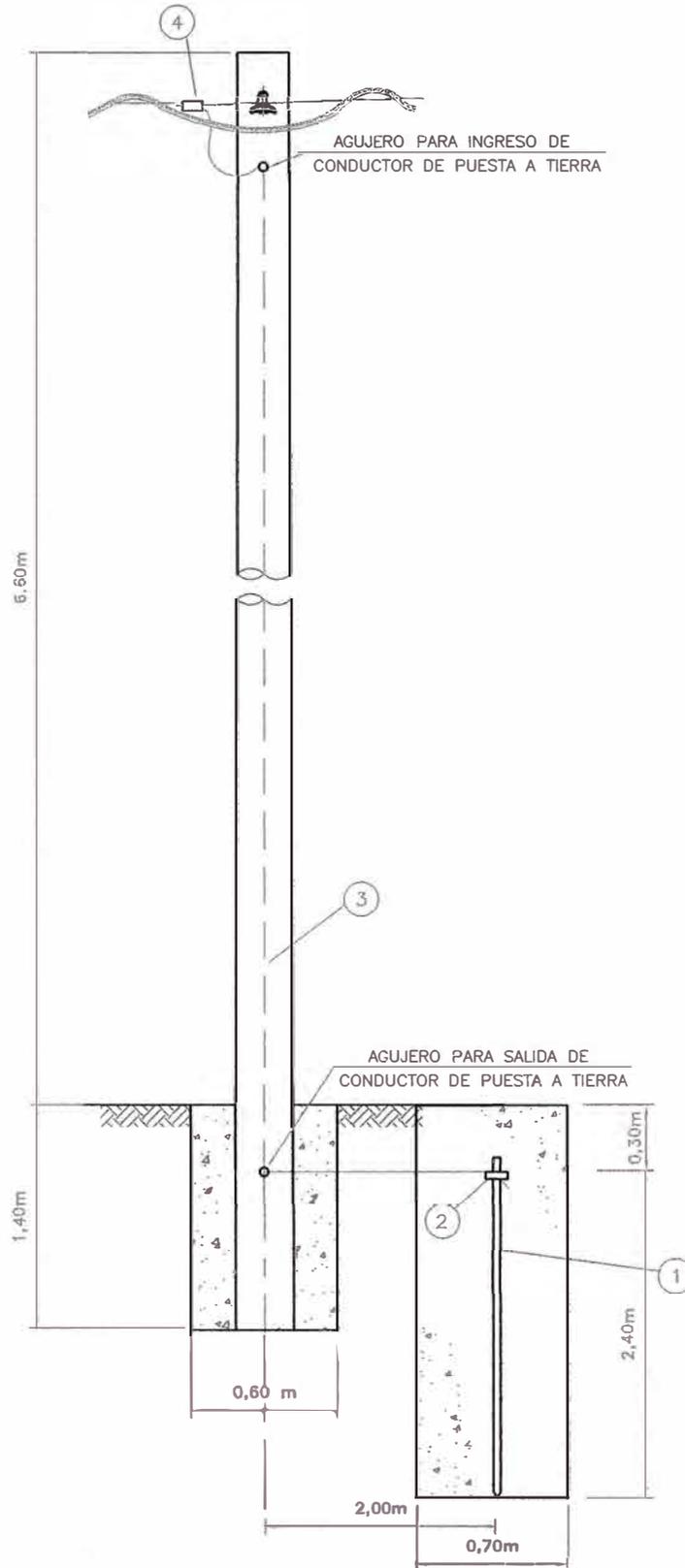
DISEÑO: A.Q.P.
 REVISO: C.H.M.
 DIBUJO: A.Q.P.
 FECHA: SET-2008 ESC: S/E

DIAGRAMA UNIFILAR
 TABLERO DE DISTRIBUCION MONOFASICO
 440/220V, 60 Hz

LAMINA N°:
064-B

ANEXO I**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SOPORTES NORMALIZADOS PARA LÍNEAS Y
REDES SECUNDARIAS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL**

- LAMINA 12** Puesta a tierra para estructuras de concreto armado en redes secundarias
- LAMINA 13** Puesta a tierra para estructuras de madera en redes secundarias

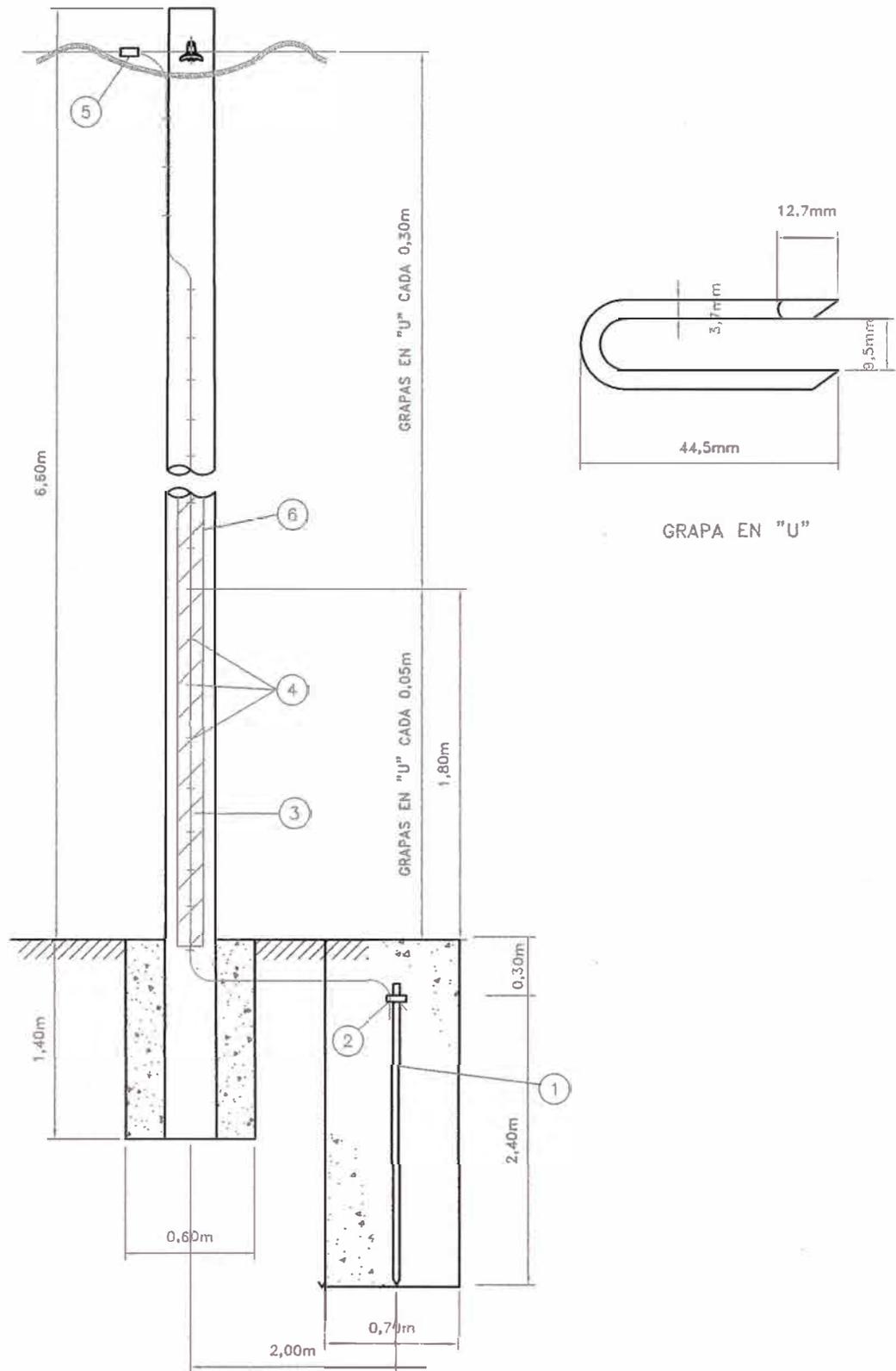


4	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25mm ² /Cu 16 mm ² , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	1
3	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , 7 HILOS	10m
2	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16mm ϕ Y CONDUCTOR DE 16 mm ²	1
1	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm ϕ x2400mm DE LONGITUD	1

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT
--------	------	-------------	------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

	DISEÑO: A.Q.P.	REDES SECUNDARIAS PUESTA A TIERRA PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO	LAMINA N°:
	REVISO: C.H.M.		012
	DIBUJO: A.Q.P.		
	FECHA: SET-2008 ESC: S/E		



6	LISTON DE MADERA TRATADA DE 50x19 mm SECCION 2,7m LONG. (INCLUYE CLAVOS DE FIJACION)	1
5	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al. 25 mm ² / Cu 16 mm ² , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	1
4	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE, 44,5x9,5mm, 3,7mm	70
3	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , 7 HILOS	10m
2	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16mm ϕ Y CONDUCTOR DE 16mm ²	1
1	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm ϕ x2400mm DE LONGITUD	1

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
--------	------	-------------	-------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

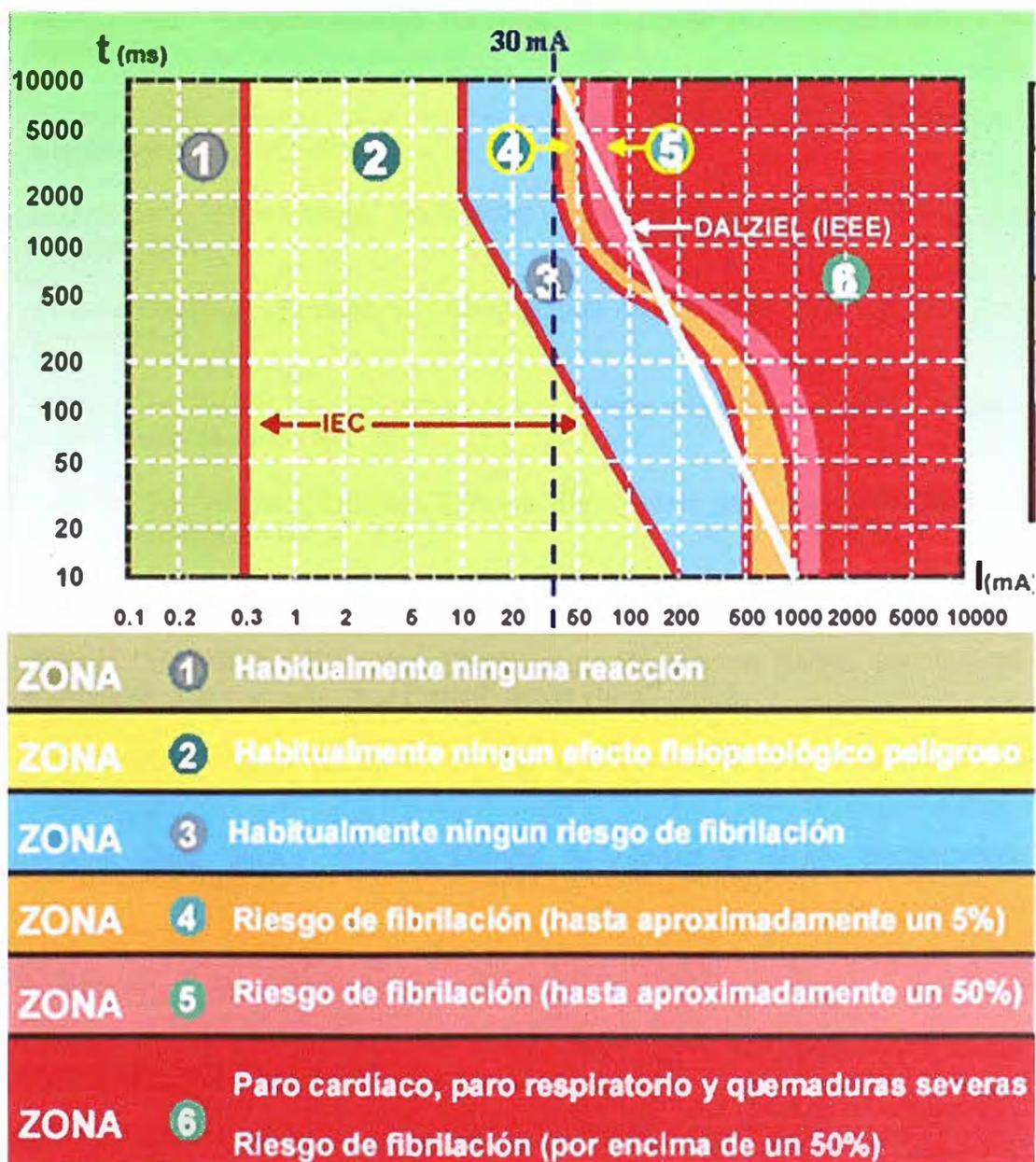


DISEÑO:	A.Q.P.
REVISO:	C.H.M.
DIBUJO:	A.Q.P.
FECHA:	SET-2008
ESC:	S/E

REDES SECUNDARIAS
PUESTA A TIERRA PARA ESTRUCTURAS
DE MADERA

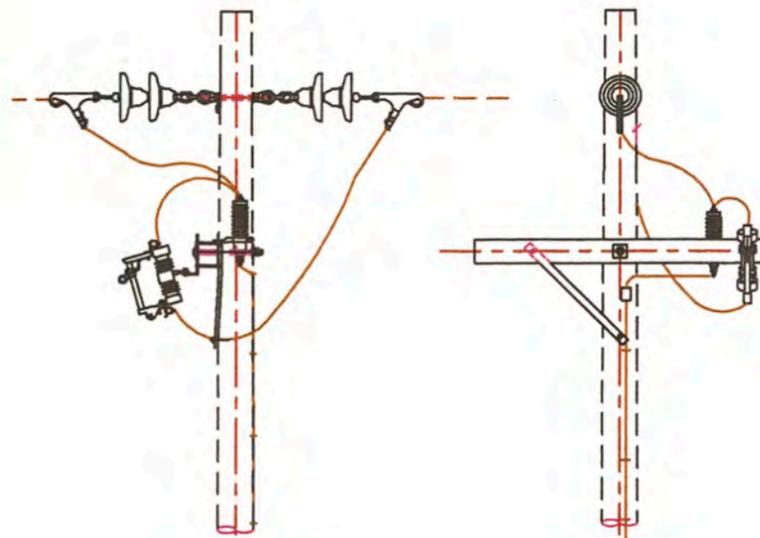
LAMINA Nº:
013

ANEXO J
IEC 60479: EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA ELECTRICIDAD



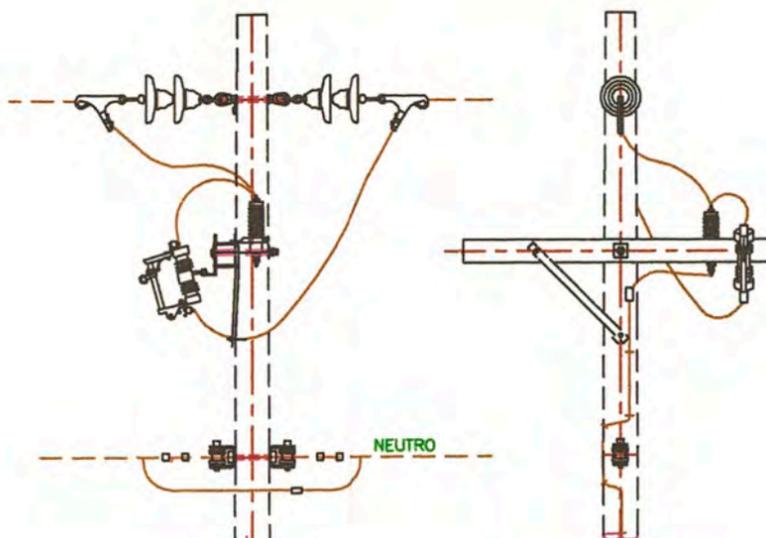
BIBLIOGRAFÍA

- /1/ Norma DGE, "Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", 2003.
- /2/ Norma DGE, "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", 2003.
- /3/ Miguel de la Vega Ortega, "Problemas de ingeniería de puesta a tierra", Editorial Limusa, 2001.
- /4/ Ernesto Orellana, "Prospección Geoeléctrica en corriente continua", Ed. Parainfo, Madrid 1982.
- /5/ Pablo Díaz, "Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución", McGraw-Hill, 2001.
- /6/ Norma DGE, "Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", 2003.
- /7/ MEM-DGE, "Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001", 2001.
- /8/ Norma DGE "Especificaciones Técnicas de Montaje de Redes Secundarias con Conductor Autoportante para Electrificación Rural", 2003
- /9/ Norma DGE "Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y redes Secundarias para Electrificación Rural", 2003
- /10/ Norma DGE "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Secundarias con conductores Autoportantes para Electrificación Rural", 2003
- /11/ Ingeniero Justo Yanque Montufar, "Apuntes del curso Diseño de Aterramientos Eléctricos", Colegio de Ingenieros del Perú, Lima 1997



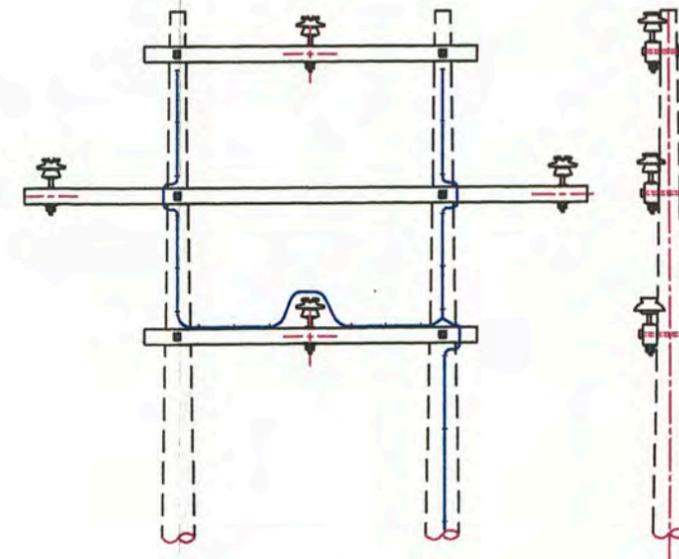
VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL



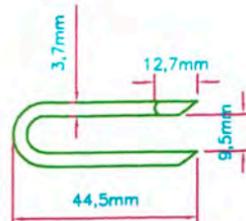
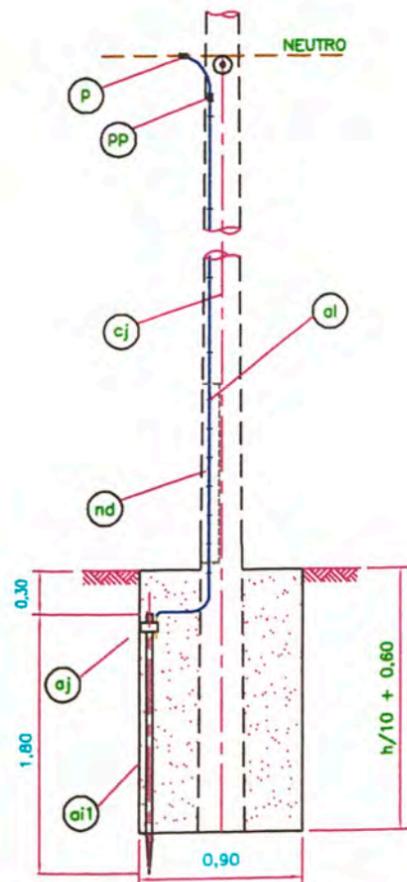
VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL

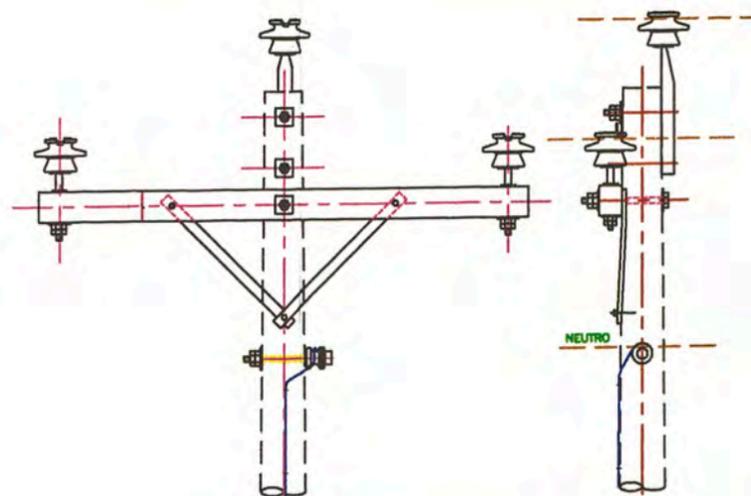


VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

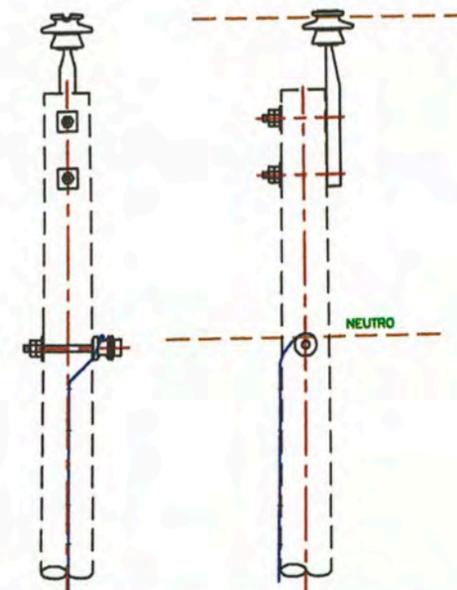


GRAPA EN "U"



VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL

NOTAS No.1

- * LA INSTALACION DEL ELECTRODO SERA EN EL MISMO AGUERO DE LA ESTRUCTURA DE L.P. o R.P.
- * LAS GRAPAS EN "U" ESTARAN SEPARADAS A 500 mm EXCEPTO DENTRO DE LA DISTANCIA DE 2.0 m SOBRE EL SUELO Y 2.5m DESDE LA PUNTA DEL POSTE, DONDE SE INSTALARAN A 50 mm DE SEPARACION.
- * EL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA SERA INSTALADO AL MISMO LADO DEL CONDUCTOR NEUTRO Y EN CUADRATURA OPUESTA AL ESPACIO DE TREPADO O DEL PIN DE PUNTA DE POSTE.

NOTAS No. 2

- 1.- LAS ESTRUCTURAS PROVISTAS DE RETENIDAS NO LLEVARAN CONDUCTOR DE BAJADA A TIERRA, SALVO ESTEN EQUIPADOS CON TRANSFORMADORES Y/O PARARRAYOS.
- 2.- EN LINEAS PRIMARIAS NO PROVISTAS DE NEUTRO CORRIDO, EL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE LAS ESTRUCTURAS SE INICIARA EN EL PUNTO DONDE SE FIJARA EL CONDUCTOR NEUTRO SI ESTE EXISTESE.
- 3.- LA PUESTA A TIERRA HA SIDO PROVISTA EXCLUSIVAMENTE BAJO EL CRITERIO DE MANTENER UN NIVEL DE AISLAMIENTO AL IMPULSO DE LA LINEA EQUIVALENTE A 300 kV. PARA ESTE FIN LAS LONGITUDES MINIMAS DE POSTE O CRUCETA DE MADERA QUE DEBEN ARADIRSE AL AISLAMIENTO PRINCIPAL SERAN LAS SIGUIENTES:
 - CON AISLADORES TIPO PIN CLASE ANSI 56-2 0,40m
 - CON CADENAS DE AISLADORES COMPUESTA DE 2 UNIDADES CLASE ANSI 52-3 ♂ CON AISLADORES POLIMERICOS. 0,35m
- 4.- EN PROMEDIO SE INSTALARAN PUESTAS A TIERRA EN LINEAS PRIMARIAS CADA 3 ESTRUCTURAS SALVO LO ESTABLECIDO EN LA NOTA 1.

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
nd		LISTON DE MADERA TRATADA DE 50x19mm SECCION, 2700mm LONGITUD Y CLAVOS DE FIJACION	1
pp		CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO, SEGUN REQUERIMIENTO	1
p		GRAPA DE VIAS PARALELAS, SEGUN REQUERIMIENTO	1
cj		CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE REGOCIDO, SECCION SEGUN REQUERIMIENTO	13m
al		GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE, 44.5x9.5mm, 3.7mm#	60
aj		CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA DE 16mm#	1
ai1		ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm#x1,80m LONGITUD	1

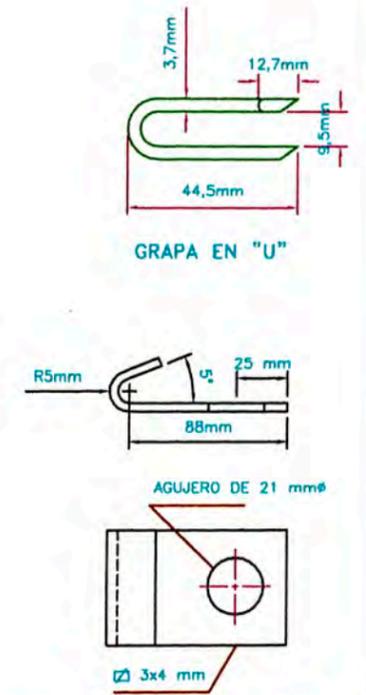
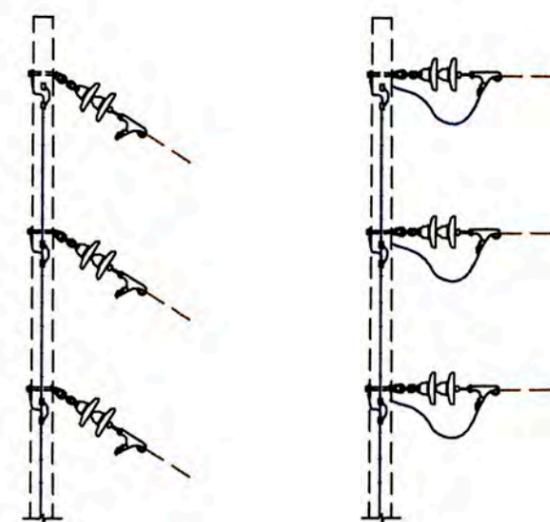
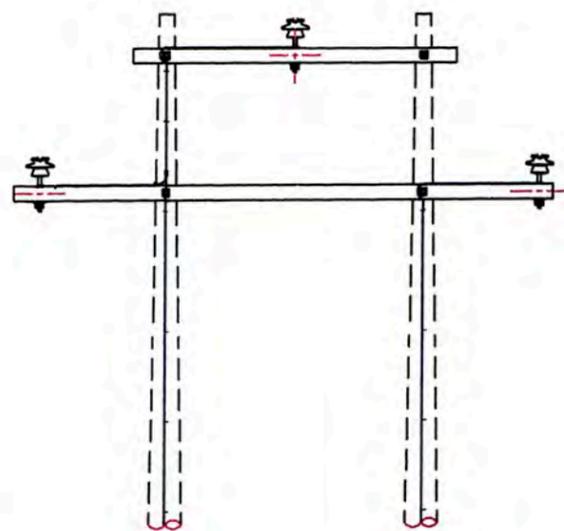
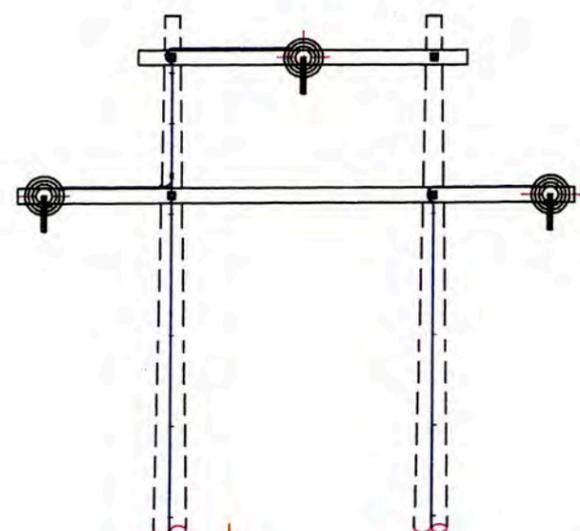
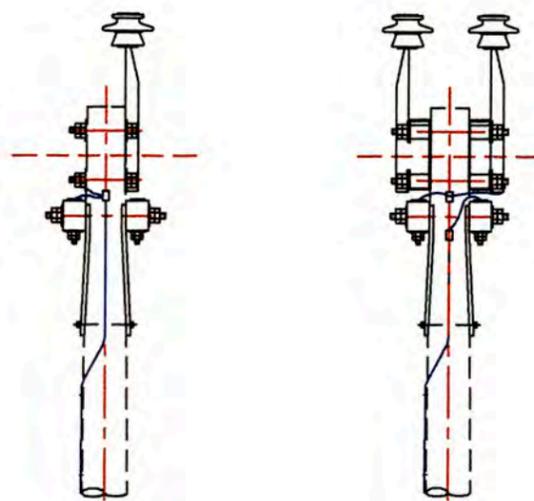
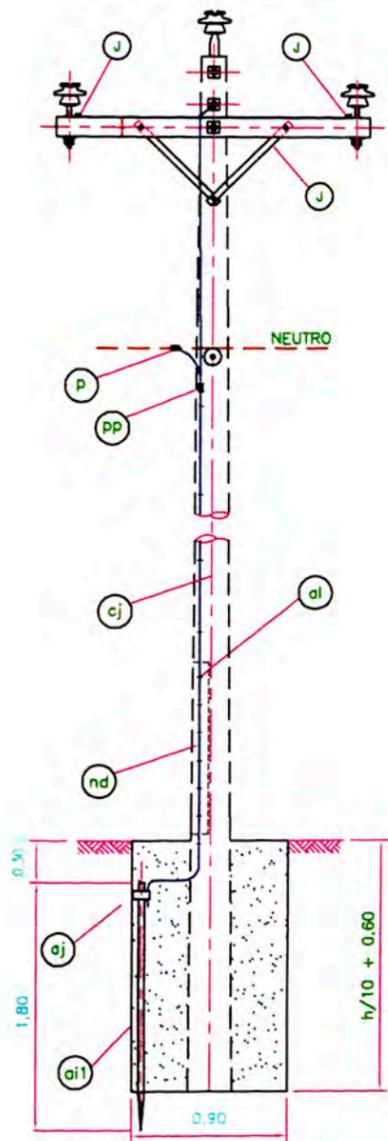


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

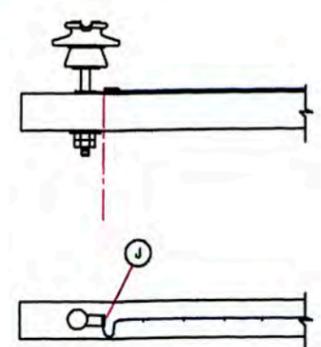
DISENO: A.Q.P.
 REVISO: C.H.M.
 DIBUJO: A.Q.P.
 FECHA: SET 2008 ESC: 3/E

DETALLES DE PUESTA A TIERRA
 PARA ESTRUCTURAS DE LAS LINEAS Y REDES PRIMARIAS
 ZONAS CON DESCARGAS ATMOSFERICAS
 TIPO PAT-1

LAMINA N°:
077



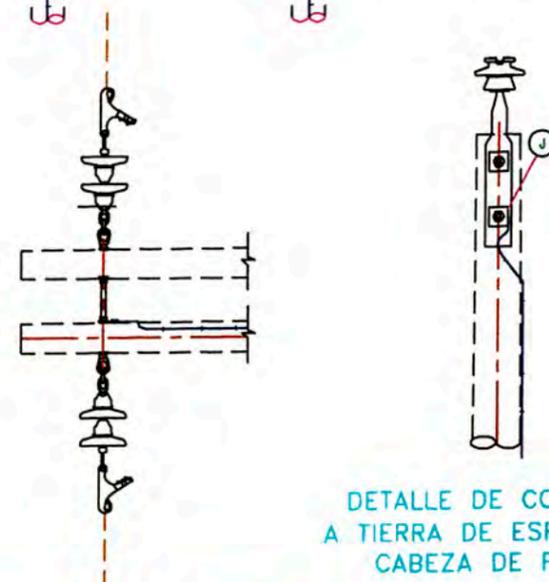
LONGITUD PROMEDIO DE MATERIAL = 130 mm
 PLANCHA DOBLADA PARA TOMA A TIERRA



DETALLE DE CONEXION A TIERRA
 ESPIGA DE AISLADOR TIPO PIN

NOTAS No.1

- * LA INSTALACION DEL ELECTRODO SERA EN EL MISMO AGUJERO DE LA ESTRUCTURA DE L.P. o R.P.
- * LAS GRAPAS EN "U" ESTARAN SEPARADAS A 500 mm EXCEPTO DENTRO DE LA DISTANCIA DE 2.0 m SOBRE EL SUELO Y 2.5m DESDE LA PUNTA DEL POSTE, DONDE SE INSTALARAN A 50 mm DE SEPARACION.
- * EL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA SERA INSTALADO AL MISMO LADO DEL CONDUCTOR NEUTRO Y EN CUADRATURA OPUESTA AL ESPACIO DE TREPADO O DEL PIN DE PUNTA DE POSTE.



DETALLE DE CONEXION A TIERRA
 CADENA DE AISLADORES DE ANCLAJE

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.	REF.
J		PLANCHA DOBLADA PARA TOMA A TIERRA	1	
nd		LISTON DE MADERA TRATADA DE 50x19mm SECCION, 2700mm LONGITUD Y CLAVOS DE FIJACION	1	
pp		CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO, SEGUN REQUERIMIENTO	1	
p		GRAPA DE VIAS PARALELAS, SEGUN REQUERIMIENTO	1	
cj		CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, SECCION SEGUN REQUERIMIENTO	13m	
al		GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE, 44,5x9,5mm, 3,7mmφ	60	
aj		CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA DE 16mmφ	1	
ai1		ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mmx1,80m LONGITUD	1	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISENO: A.Q.P.
 REVISO: C.H.M.
 DIBUJO: A.Q.P.
 FECHA: SET 2008 EDC: S/E

DETALLES DE PUESTA A TIERRA
 ZONAS SIN DESCARGAS ATMOSFERICAS
 TIPO PAT-1S

LAMINA N°:
 078