

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**



**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**“DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A. EN LA ZONA DE CONCESIÓN DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA QUE OPERE EL SISTEMA ELÉCTRICO CON BUENA CALIDAD DE ENERGÍA”**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.**

**POSTULANTES:**

**CHUQUIRIMA FLORES ROLANDO POMPEYO**

**QUIMBITA BORJA ISAÍAS GABRIEL**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. MARCELO BARRERA**

**LATACUNGA-ECUADOR.**

**MAYO 2015**

## **AUTORÍA**

Nosotros Chuquirima Flores Rolando Pompeyo y Quimbita Borja Isaías Gabriel, declaramos que el contenido de la presente Tesis de Grado, es un fruto de nuestra investigación, esfuerzo, responsabilidad y disciplina conservados en nuestras vidas, y durante la realización de la misma, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

La responsabilidad de esta tesis de grado nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

---

Chuquirima Flores Rolando Pompeyo

C.I. 1802570478

---

Quimbita Borja Isaías Gabriel

C.I.0502754526

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad del Director de Trabajo Investigativo sobre el tema:

**"DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A. EN LA ZONA DE CONCESIÓN DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA QUE OPERE EL SISTEMA ELÉCTRICO CON BUENA CALIDAD DE ENERGÍA".**

De los señores:

Quimbita Borja Isaías Gabriel y Chuquirima Flores Rolando Pompeyo, egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname, positioned above a horizontal dashed line.

El Director  
Ingeniero Eléctrico Marcelo Barrera

# CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de director del departamento de Operación y mantenimiento de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. me permito certificar que el tema:

**" DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A. EN LA ZONA DE CONCESIÓN DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA QUE OPERE EL SISTEMA ELÉCTRICO CON BUENA CALIDAD DE ENERGÍA".**

De los señores:

Quimbita Borja Isaías Gabriel y Chuquirima Flores Rolando Pompeyo, egresados en la especialidad de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Considero que dicho trabajo investigativo para la realización de su tesis, es el mejoramiento de los SPT con electrodo en los primarios de Distribución de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. en la Zona de Concesión de la provincia de Tungurahua para que opere el Sistema Eléctrico con buena calidad de energía para asegurarse que las personas que se encuentren en este sistema no estén expuestos al peligro de choque eléctrico, los indicado estudiantes cumpliendo con los requerimientos técnicos necesarios para la elaboración de su proyecto investigativo realizaron el trabajo de campo en el sector.

Los interesados pueden hacer uso de este documento como mejor creyeren



Ingeniero Eléctrico Iván Naranjo

## AVAL TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señores Egresados de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **QUIMBITA BORJA ISAIAS GABRIEL Y CHUQUIRIMA FLORES ROLANDO POMPEYO**, cuyo título versa “**DIAGNOSTICO Y MEGORAMIENTO DE PUESTAS A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESA ELECTRICA AMBATO S.A EN LA ZONA DE CONCESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA QUE OPERE EL SISTEMA ELECTRICO CON BUENA CALIDAD DE ENERGIA.**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 13 noviembre del 2014

Atentamente,



Lic. M. Sc. Marcia Janeth Chiluisa Chiluisa  
**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**  
C.C. 0502214307

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, ya que con su bendición, nos ha llenado de fortaleza y sabiduría, en cada etapa de nuestras vidas.

A nuestras esposas que han sido un apoyo fundamental a lo largo de nuestra vida estudiantil, así como nuestros hijos que constituyen la alegría de nuestra vida diaria.

A nuestros padres por ser los seres más sublimes, por estar siempre con nosotros en los buenos y malos momentos, por brindarnos todo su apoyo incondicional y ser nuestra fuente de inspiración para alcanzar las metas que nos planteamos en nuestra vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi quien nos acogió para culminar nuestros estudios, quien día a día fue cimentando las bases para formarnos como personas y profesionales haciendo frente a los obstáculos que se presentan en la vida.

Los Autores

## **DEDICATORIA**

Al llegar al término de mi carrera quiero dedicar el presente trabajo a mi familia, en especial a mi esposa e hijos que con su apoyo estuvieron siempre conmigo.

Rolando Chuquirima

La presente Tesis se la dedico a mi esposa Blanca Vargas a mis hermanos, quienes son la fuente de inspiración y de perseverancia para alcanzar las metas que me he trazado durante esta etapa de mi vida.

A mis padres German Quimbita y Lilia Borja que me brindaron su apoyo y su amor incondicional, por sus sabios consejos que fueron la base fundamental en la que he construido mi vida.

Gabriel Quimbita Borja

# ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA.....	I
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	II
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN .....	III
AVAL TRADUCCIÓN .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT .....	XVII
1. CAPÍTULO I.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA. ....	1
1.2. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS .....	2
1.3. IMPORTANCIA DE LA PUESTA A TIERRA. ....	3
1.4. DIFERENCIA ENTRE LA CONEXIÓN DE TIERRA Y NEUTRO.....	4
1.5. RESISTIVIDAD DEL SUELO .....	4
1.5.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTIVIDAD DEL SUELO....	5
1.5.1.1. Composición del terreno .....	6
1.5.1.2. Sales solubles y su concentración.....	7

1.5.1.3.	Estado higrométrico del terreno .....	7
1.5.1.4.	Temperatura .....	8
1.5.1.5.	Granulometría.....	9
1.5.1.6.	Estratigrafía .....	9
1.5.1.7.	Compacidad.....	10
1.5.2.	MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....	10
1.5.2.1.	Método de Wenner .....	11
1.5.2.2.	Método de Schlumberger Palmer .....	12
1.5.1.	RESISTIVIDAD APARENTE.....	13
1.5.2.	MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA .....	14
1.5.2.1.	Método de curva de caída de potencial.....	14
1.5.2.2.	Método de la pendiente.....	15
1.5.2.3.	Medida de la resistencia de puesta a tierra mediante medidor tipo pinza.....	18
1.6.	ADITIVOS Y RELLENOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PUESTAS A TIERRA .....	19
1.6.1.	CONCRETO Y CEMENTO CONDUCTIVOS COMO RELLENO...	20
1.6.2.	MEZCLA DE RELLENOS.....	21
1.6.3.	ESCORIA METÁLICA.....	22
1.6.4.	RELLENOS A BASE DE GEL .....	22
1.7.	LA PUESTA A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	22
1.7.1.	TIPOS DE PUESTA A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. ....	24
1.7.1.1.	Disposición I (G2-1) Varilla Vertical Enterrada. ....	24

1.7.1.2.	Disposición II (G2-2) Varilla vertical enterrada acompañada de contrapeso.....	26
1.7.1.1.	Disposición III (G2-3) Varilla vertical enterrada aumentando la longitud del contrapeso.....	27
1.7.1.2.	Disposición IV (G2-4) Varilla vertical enterrada con dos contrapesos.....	29
1.7.1.1.	Disposición V (G2-5) Tres Varillas enterradas en línea recta con contrapeso.....	31
1.7.2.	NATURALEZA DE LA RESISTENCIA DE LOS ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA. ....	33
2.	CAPÍTULO II.....	35
	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	35
2.1.	ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.....	35
2.1.1.	ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	35
2.1.2.	ÁREA DE CONCESIÓN.....	35
2.1.3.	MISIÓN. ....	36
2.1.4.	VISIÓN.....	36
2.1.5.	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES. ....	36
2.2.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	37
2.2.1.	MÉTODOS .....	37
2.2.1.1.	Método lógico inductivo .....	37
2.2.1.2.	Método lógico deductivo .....	37
2.2.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
2.2.2.1.	Cualitativa .....	37

2.2.2.2.	Explicativa .....	38
2.2.3.	TÉCNICAS .....	38
2.2.3.1.	La Encuesta .....	38
2.3.	CÁLCULO POBLACIÓN Y MUESTRA .....	39
2.4.	MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS .....	40
2.4.1.	OBSERVACIÓN DIRECTA .....	40
2.4.2.	LA ENCUESTA .....	40
2.4.3.	EL FICHAJE .....	40
2.4.4.	LA MEDICIÓN .....	41
2.4.5.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	42
2.5.	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS .....	53
2.6.	ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA .....	53
2.6.1.	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS ALIMENTADORES SELECCIONADOS PARA EFECTUAR LOS ANALISIS DE LAS PUESTAS A TIERRA .....	55
2.6.1.1.	Subestación Samanga Alimentador Cunchibamba. 01-0001-OT- 02 .....	56
2.6.1.2.	Subestación Atocha Alimentador Av. América. 02-0001-OT-05 .....	58
2.6.1.3.	Subestación Huachi Alimentador Pasa. 07-0001-OT-02 .....	59
2.6.1.4.	Subestación Montalvo Alimentador El Sur 06-0004-OT-04 .....	60
2.6.1.5.	Subestación Oriente Alimentador Picaihua. 04-0004-OT-05 .....	62
2.6.1.6.	Subestación Pelileo Alimentador Pelileo 09-0009-OT-03 .....	63
2.6.1.7.	Subestación Pelileo Alimentador Salasaca 09-0009-OT-01 .....	64
2.6.1.8.	Subestación Baños Alimentador Rio Verde 11-00011-OT-01 .....	66

3. CAPÍTULO III.....	72
PROPUESTA PARA MEJORAR LAS PUESTAS A TIERRA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN .....	72
3.1. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA .....	72
3.1.1. GENERAL .....	72
3.1.2. ESPECÍFICOS .....	73
3.2. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	73
3.2.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	73
3.2.2. FACTIBILIDAD ECONÓMICA .....	73
3.2.3. FACTIBILIDAD OPERACIONAL .....	74
3.3. PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE PUESTAS A TIERRA. ....	74
3.3.1. REQUERIMIENTO DE LA PROPUESTA. ....	74
3.3.2. NORMATIVA DE REFERENCIA.....	74
3.3.3. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE PUESTA A TIERRA. ....	75
3.3.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	76
3.3.4.1. Datos iniciales .....	76
3.3.4.2. Criterios de Diseño .....	79
3.3.4.3. Mejora de la resistividad del suelo .....	79
3.3.4.4. Medición de la resistividad mediante el método de Wenner .....	83
3.3.4.5. Determinación de la Resistencia de Puesta a tierra. ....	84
3.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
3.4.1. CONCLUSIONES.....	87
3.4.2. RECOMENDACIONES.....	88
ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1.1 Variación de resistividad del terreno frente a sales disueltas. ....	7
FIGURA 1.2 Influencia de la humedad en porcentaje referido a terreno seco en la resistividad del terreno .....	8
FIGURA 1.3 Influencia de la temperatura en la resistividad del suelo. ....	8
FIGURA 1.4 Método de Wenner mediciones de la resistividad del terreno.....	11
FIGURA 1.5 Método de Schlumberger Palmer .....	13
FIGURA 1.6 Medición de la resistencia de puesta a tierra por el método de la caída de potencial.....	14
FIGURA 1.7 Medición de la resistencia de puesta a tierra por el método de la pendiente .....	15
FIGURA 1.8 Medición de la resistencia de puesta a tierra utilizando medidor tipo pinza .....	18
FIGURA 1.9: Capacidad de corriente de corto tiempo de electrodos embebidos en concreto .....	21
FIGURA 1.10 Circulación de corriente ante falla $1\phi$ - tierra en red M.V. neutro a tierra .....	23
FIGURA 1.11 Varilla vertical enterrada.....	25
FIGURA 1.12 Disposición G2-1 .....	26
FIGURA 1.13 Disposición G2-3 .....	28
FIGURA 1.14 Disposición G2-4 .....	29
FIGURA 1.15 Disposición G2-5 .....	31
FIGURA 2.1 Telurómetro .....	41
FIGURA 2.2 Pinza Megger DET20C.....	41

FIGURA 2.3 Esquema Pregunta 1.....	43
FIGURA 2.4 Esquema Pregunta 2.....	44
FIGURA 2.5 Esquema Pregunta 3.....	45
FIGURA 2.6 Esquema Pregunta 4.....	46
FIGURA 2.7 Esquema Pregunta 5.....	47
FIGURA 2.8 Esquema Pregunta 8.....	48
FIGURA 2.9 Esquema Pregunta 7.....	49
FIGURA 2.10 Esquema Pregunta 8.....	50
FIGURA 2.11 Esquema Pregunta 9.....	51
FIGURA 2.12 Esquema Pregunta 10.....	52
FIGURA 2.13 Topología alimentador Cunchibamba.....	57
FIGURA 2.14 Topología Alimentador Av. América .....	58
FIGURA 2.15 Topología Alimentador Pasa.....	60
FIGURA 2.16 Topología Alimentador Sur.....	61
FIGURA 2.17 Topología Alimentador Picaihua.....	62
FIGURA 2.18 Topología Alimentador Pelileo .....	64
FIGURA 2.19 Topología Alimentador Salasaca.....	65
FIGURA 2.20 Topología Alimentador Rio Verde .....	66
FIGURA 3.1 Preparación del terreno y colocación de la varilla.....	81
FIGURA 3.2 Uso de molde de grafito para la suelda cable varilla. ....	82
FIGURA 3.3 Unión Cable varilla con suelda exotérmica.....	82
FIGURA 3.4 Medición en campo.....	83
FIGURA 3.5 Medición de la nueva resistencia de la puesta a tierra.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 Valores Orientativos de resistividad de diferentes tipos de suelos. ....	6
TABLA 1.2 Valores de k en función de $\mu$ para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra por el método de la pendiente.....	17
TABLA 1.3 Valores de resistividad mínima para cada configuración del SPT.....	33
TABLA 2.1 Características Pinza Megger DET20C.....	42
TABLA 2.2 Valoración de opciones, Pregunta 1.....	43
TABLA 2.3 Valoración de opciones, Pregunta 2.....	44
TABLA 2.4 Valoración de opciones, Pregunta 3.....	45
TABLA 2.5 Valoración de opciones, Pregunta 4.....	46
TABLA 2.6 Valoración de opciones, Pregunta 5.....	47
TABLA 2.7 Valoración de opciones, Pregunta 6.....	48
TABLA 2.8 Valoración de opciones, Pregunta 7.....	49
TABLA 2.9 Valoración de opciones, Pregunta 8.....	50
TABLA 2.10 Valoración de opciones, Pregunta 9.....	51
TABLA 2.11 Valoración de opciones, Pregunta 10.....	52
TABLA 2.12: Alimentadores seleccionados para el estudio .....	54
TABLA 2.13 : Coordenadas de ubicación de los puntos a medir. ....	54
TABLA 2.14 Análisis de suelos en los diferentes sectores .....	68
TABLA 2.15 Valores de la resistividad medida en los alimentadores.....	70
TABLA 2.16: Valores actuales medidos de las Resistencia de puesta a tierra .....	71
TABLA 3.1 Corriente de corto circuito falla fase tierra.....	77

TABLA 3.2 Calibre de conductores para puestas a tierra en base a la $I_{cc}$ de transformadores monofásicos calculado en base las impedancias del transformador. ....	78
TABLA 3.3 Calibre de conductores para puestas a tierra en base a la $I_{cc}$ de transformadores trifásicos .....	79
TABLA 3.4 Nuevos valores de resistencia. ....	85

## **RESUMEN**

La presente investigación es un estudio y mejoramiento de los Sistemas de Puesta a Tierra con electrodo en el Sistema de Distribución de la Empresa Eléctrica Ambato S.A; para dar a conocer el estado actual de los SPT. Un sistema de Distribución es propenso a fallas ya sean estas como descargas atmosféricas esto hace que produzca condiciones anormales de operación provocando el deterioro de las varillas de los SPT con electrodo y que los Sistemas de protección no tengan un buen funcionamiento por eso es necesario que los SPT estén funcionando a la perfección para que así puedan controlar estos eventos, esto permitirá estandarizar los criterios para la construcción de SPT con electrodo de cualquier Sistema de Distribución es la base para la protección personal y de equipos. El Departamento de Operación y Mantenimiento (D.O.M) nos ha asignado diferentes alimentadores en la zona de concesión de la provincia de Tungurahua, por lo que establece las regulaciones y requerimientos técnicos emitidos por el ex CONELEC (Concejo Nacional de Electrificación) ahora ARCONEL(Agencia de Regulación y Control) y la EEASA (Empresa Eléctrica Ambato) está encaminada a ejecutar y cumplir cada ítem señalado por los entes reguladores respectivamente; permitiéndole así obtener excelentes estándares de calidad de servicio de energía en toda su área de concesión y también se disminuirán pérdidas económicas para la empresa.

## **ABSTRACT**

This research is a study and improvement Grounding earthing with electrode in the Distribution System electric company Ambato S.A .to raise awareness of the current state of the SPT. A distribution system is susceptible to failures such as whether this makes lightning produce un natural operating conditions causing deterioration of the SPT with rods q electrode protection systems do not have a good performance therefore it is necessary that the SPT are working perfectly so that for can handle these events, this will standardize the view for construction electrode SPT any Distribution System is the basis for personal protection equipment. The Operation and Maintenance Department (DOM) has assigned different feeders in the concession area of the province of Tungurahua , so it establishes the regulations and technical requirements issued by EX CONELEC (National Electrification Council) new ARCONEL (Company de Regulation and Control) and EEASA (Ambato Electric Company) aims at implement and enforce each item identified by regulators respectively, allowing you to get excellent standards of quality of energy service throughout his concession area and so also will decrease economic for the company.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Un sistema eléctrico en funcionamiento, está propenso a sufrir fallas internas y aquellas generadas fuera del sistema, tales como cortocircuitos y descargas atmosféricas, respectivamente, que dañan equipos y pone en riesgo la seguridad de los operadores. De este hecho surge la importancia de proteger el sistema eléctrico ante estas situaciones, por lo que una parte importante de las protecciones eléctricas, la constituye el sistema de puesta a tierra.

### 1.1. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.

Se puede definir como “La unión eléctrica, con la tierra, de una parte de un circuito eléctrico o de una parte conductora perteneciente al mismo.”<sup>1</sup> Es un mecanismo de seguridad, el cual conduce corrientes transitorias peligrosas a tierra, asegurando la integridad de las personas.

El conjunto de conductores enterrados y en contacto eléctrico con la tierra se denomina electrodo o red de puesta a tierra. La puesta a tierra se realiza colocando electrodos clavados en el terreno, dispuestos de forma radial o mallada.

---

<sup>1</sup> Rogelio García Márquez, La puesta a tierra de instalaciones eléctricas, Barcelona, MARCOMBO S.A. 1999

## **1.2. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS**

### **Puesta a tierra**

Es la unión de todos los elementos metálicos que mediante cables de sección suficiente entre las partes de una instalación y un conjunto de electrodos, permite la desviación de corrientes de falla o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligrosa en los edificios, instalaciones y superficie próxima al terreno.

### **Electrodo de Tierra.**

Se entiende por electrodo de tierra a un conductor (cable, barra, tubo, placa, etc.) enterrado en contacto directo con la tierra o sumergido en agua que este en contacto con la tierra.

### **Mallas de Tierra.**

Es un conjunto de electrodos unidos eléctricamente entre sí.

### **Tierra de Referencia.**

Es el punto en el cual no existe un voltaje perceptible, como resultado del flujo de corriente de puesta a tierra a través de un electrodo. Se considera que el potencial de la tierra de referencia es cero.

### **Telurómetro.**

Equipo diseñado para medición de resistividad y resistencia de sistemas de puesta a tierra. Sus principales características son: frecuencia, alarma, detección de corrientes espurias, escala y margen de error.

**Gradiente Superficial.**

Es la diferencia de potencial que existe entre dos puntos de la superficie del terreno o del agua, distante entre sí en 1 m.

**Voltaje de paso.**

Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por un paso (aproximadamente un metro), en la dirección del gradiente de voltaje máximo.

**Voltaje de puesta a tierra (VE).**

Es el voltaje que aparece entre el sistema de puesta a tierra y la tierra de referencia, cuando un determinado valor de la corriente de tierra fluye a través del sistema de puesta a tierra.

**Potencial superficial de tierra  $V_x$ .**

Es la diferencia de voltaje entre un punto  $x$  sobre la superficie del terreno y la tierra de referencia.

**Voltaje de contacto.**

Diferencia de potencial que, durante una falla, se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

**1.3. IMPORTANCIA DE LA PUESTA A TIERRA.**

Los motivos principales por los que se debe realizar una correcta puesta a tierra, unida a un elemento de corte por intensidad de defecto, se describe a continuación:

- Limitar los voltajes de las partes metálicas de los equipos o máquinas a valores no peligrosos para las personas.
- Limitar el voltaje debido a maniobras.
- Limitar el voltaje debido al contacto no intencional con sistemas de mayor voltaje.
- Impedir la acumulación de cargas electrostáticas o inducidas en los equipos, máquinas o elementos metálicos que se hallen en zonas con riesgo de explosión.
- La puesta a tierra, opera como elemento protector en los casos siguientes: Contra las descargas atmosféricas, como elemento de unión de las diferentes masas, en redes con neutro aislado y como unión equipotencial.

## **1.4. DIFERENCIA ENTRE LA CONEXIÓN DE TIERRA Y NEUTRO**

La confusión entre tierra (GND) y neutro (N) constituye un error común en la conexión de un equipo o en la transmisión de potencia. Aunque idealmente estos dos terminan conectados en algún punto a tierra, la función de cada uno es muy distinta. El conductor de tierra es una seguridad primaria de los equipos contra el shock eléctrico y el cable de neutro es el encargado de la transmisión de corriente. Identificarlos como si cumplieran la misma función sería anular la seguridad de tierra contra el shock eléctrico.<sup>2</sup>

## **1.5. RESISTIVIDAD DEL SUELO**

Se denomina resistividad del terreno a la propiedad que tiene para conducir la electricidad, y es conocida como la resistencia específica del terreno. En su medición,

---

<sup>2</sup> Gregor Rojas, *Manual de Sistemas de Puesta a Tierra*.

se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno donde se desee hacer el estudio porque los suelos no tienen composición uniforme a este resultado se conoce como resistividad aparente.

Las características del suelo determinan el diseño y construcción física de un sistema de puesta a tierra necesario para lograr una resistencia determinada. Esto incluye la selección de los tipos de electrodos (normalmente múltiples), el espaciamiento de los electrodos y la colocación de los mismos.

### ***1.5.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTIVIDAD DEL SUELO***

La constitución de los suelos, así como el estar sometido a los efectos climáticos hacen, que aún en el caso de tener un terreno constituido por un solo material existan variaciones de su resistividad respecto a la profundidad, principalmente por la variación del nivel freático y del grado de compactación del material. Las zonas superficiales en que se instalan la toma de tierra tampoco son uniformes y además, están afectadas fuertemente por los cambios climáticos, lluvias y heladas.

Todo esto hace que la resistividad sea muy variable de un lugar a otro y pueda resumirse en que la modifican, de manera muy notable, los siguientes factores del terreno:

- La composición.
- Las sales solubles y su concentración.
- El estado higrométrico.
- La temperatura.
- La granulometría.
- La estratigrafía.
- La compacidad.

### 1.5.1.1. Composición del terreno

La resistividad, varía de acuerdo a la composición del terreno, y al existir diferentes clases de terreno, estos no están delimitados como para saber de antemano, el valor de la resistividad en el punto elegido para efectuar la toma de tierra, por lo que existen tabulados valores referenciales que pueden servir de guía para iniciar los estudios. En la tabla 1.1 se muestran estos valores orientativos

**TABLA 1.1** Valores Orientativos de resistividad de diferentes tipos de suelos.

Naturaleza del terreno	Resistividad $\Omega.m$
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras.	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granitos y gres muy alterados	100600

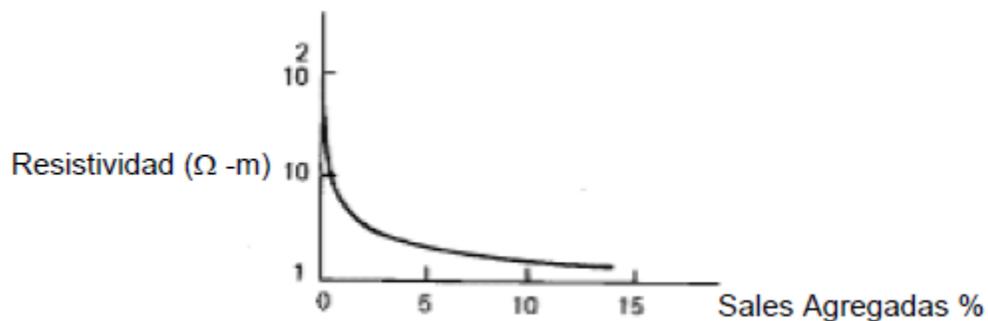
**Fuente:** Rogelio García Márquez (MIE RAT 13)

**Realizado:** Grupo Investigador

### 1.5.1.2. Sales solubles y su concentración

Al ser aislantes los principales componentes del terreno, la conductividad del suelo es esencialmente de naturaleza electrolítica, esto significa que la conducción de corriente tiene lugar principalmente a través del electrólito formado por las sales y el agua contenida en el terreno. En la figura 1.1 se refleja cómo la cantidad de sales disueltas afectan la resistividad.

**FIGURA 1.1** Variación de resistividad del terreno frente a sales disueltas.



**Fuente:** Normas de materiales para redes eléctricas EPM

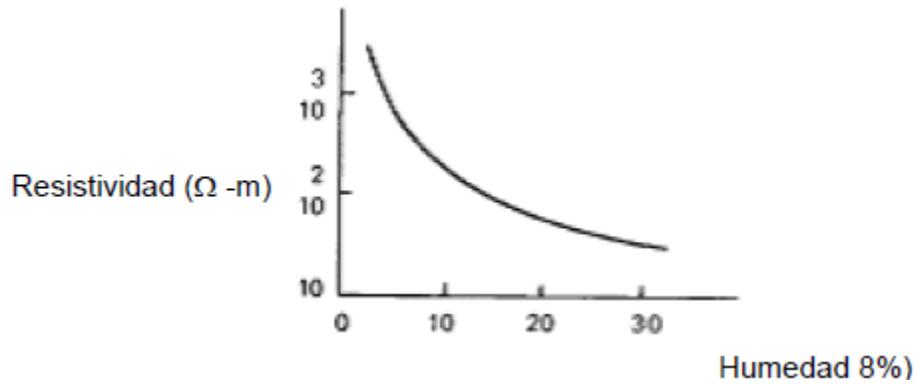
**Realizado:** Grupo Investigador

### 1.5.1.3. Estado higrométrico del terreno

El contenido de agua o grado de humedad del terreno influye, de forma apreciable sobre su resistividad. Su valor no es constante, ya que varía con el clima, época del año, naturaleza del subsuelo, la profundidad considerada y la situación del nivel freático pero rara vez es nula, incluso al referirse a zonas desérticas.

A medida que el grado de humedad aumenta cuyo principal efecto es disolver las sales solubles, la resistividad disminuye con rapidez pero, a partir de cifras del orden del 15% en peso, esta disminución es mucho menos pronunciada, a causa de la saturación del terreno, tal como puede verse en la figura 1.2.

**FIGURA 1.2** Influencia de la humedad en porcentaje referido a terreno seco en la resistividad del terreno

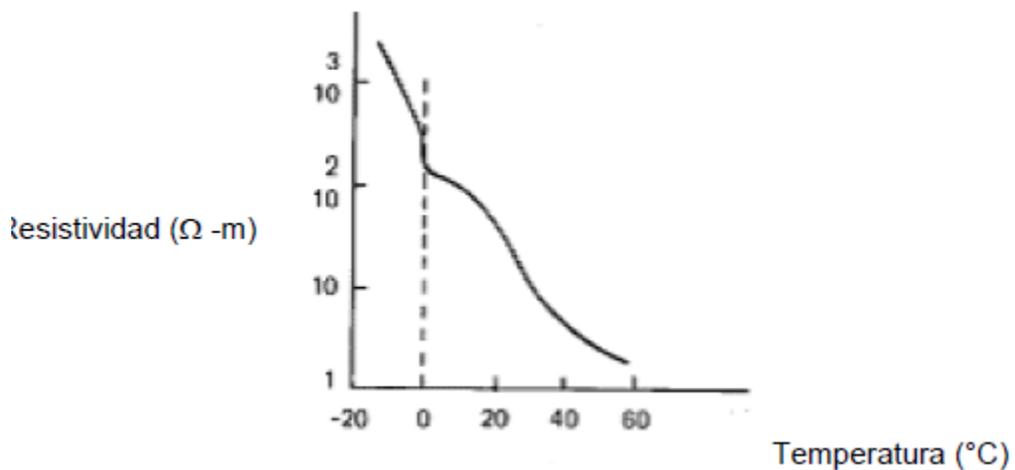


**Fuente:** Normas de materiales para redes eléctricas EPM  
**Realizado:** Grupo Investigador

Cuando la humedad del terreno varíe considerablemente de una época del año a otra, se tendrá en cuenta esta circunstancia al dimensionar y establecer el sistema de tierra. Se podrán usar recubrimientos de gravas como ayuda para conservar la humedad del suelo.

#### 1.5.1.4. Temperatura

**FIGURA 1.3** Influencia de la temperatura en la resistividad del suelo.



**Fuente:** Normas de materiales para redes eléctricas EPM  
**Realizado:** Grupo Investigador

La resistividad del terreno aumenta a medida que desciende la temperatura y ese aumento es más perceptible cuando alcanza los 0°C, por lo que la temperatura, influye decisivamente en la resistividad del terreno, elevándose ostensiblemente la misma, tal como se aprecia en la figura 1.3.

Por lo tanto, en zonas con peligro de heladas los electrodos se enterrarán a una profundidad que no alcance esa temperatura o se tendrá en cuenta esta circunstancia en el cálculo.

#### ***1.5.1.5. Granulometría***

Es un elemento importante que influye sobre la resistividad del terreno, la porosidad, el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos, incrementándose la resistividad con el mayor tamaño de los granos. Esta es la razón de que el valor de la resistividad de la grava sea superior al correspondiente a la arena y que el de ésta supere al de la arcilla.

Los suelos de grano grueso como gravas, grumos, etc. Son tierras malas para el establecimiento de buenas redes de tierra, circunstancia que se puede mitigar rodeando la superficie de los electrodos de un cierto espesor de tierra fina o de otro material conductor.

#### ***1.5.1.6. Estratigrafía***

La resistividad total de un terreno es la resultante de las diversas capas que lo constituyen. Puede suceder que una sola capa presente una resistividad tan baja que la influencia de las demás sea imperceptible, tal como cuando se alcanzan zonas de agua o el nivel freático.

La resistividad de las capas superficiales de un terreno presenta variaciones estacionales bajo el efecto del hielo y de la sequedad (que la aumentan) o de la humedad (que la disminuye). Esta acción puede hacerse notar hasta una profundidad de varios metros, en condiciones climáticas extremas y prolongadas. Por lo tanto, es

recomendable tener en cuenta estas variaciones de resistividad en el establecimiento de una red de tierras enterrada a una profundidad del orden de 1 metro.

#### **1.5.1.7. Compacidad<sup>3</sup>**

Una mayor compactación del suelo disminuye la distancia entre partículas y se logra una mejor conducción a través de la humedad contenida.

A medida que se aumenta el contenido de humedad, se alcanza una especie de saturación ya que el agua envuelve la mayoría de las partículas y un mayor acercamiento entre éstas no influye en la conducción.

#### **1.5.2. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.**

Para que el diseño de un sistema de puesta a tierra sea correcto se requiere conocer el valor de la resistividad del terreno según la profundidad, y proporcionar una elección óptima sobre la disposición, para que el sistema de puesta a tierra obtenga buenos resultados técnico-económicos.

Típicamente, los suelos poseen varias capas horizontales superpuestas, cada una teniendo diferente resistividad.

Para diseñar un SPT (Sistema de Puesta a Tierra), se debe tener presente la información del terreno que se procura medir bajo las condiciones más desfavorables.

Las diferentes técnicas de medida son descritas en detalle en la IEEE Std. 80-2000. “IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potential of a ground system”, un extracto de las mismas se describe a continuación

---

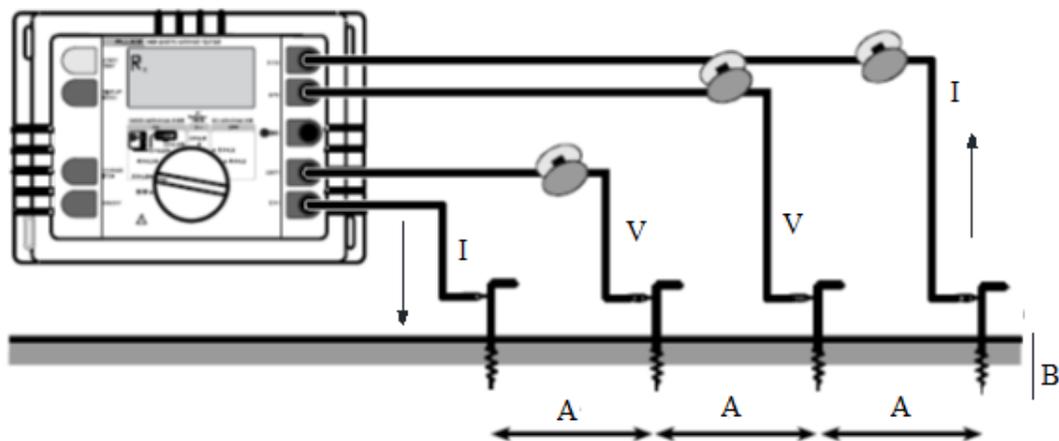
<sup>3</sup> Jorge Dharmawidjaja. :”Medida de la resistividad del terreno”. Universidad de Chile, Chile.

### 1.5.2.1. Método de Wenner <sup>4</sup>

Para determinar la resistividad del suelo, es necesario la circulación de una corriente por el suelo analizado, este método también se lo conoce como los cuatro electrodos, y se ocupa un telurómetro para dicha medición.

Consiste, en 4 electrodos enterradas en línea recta, a igual distancia A y profundidad B, el voltaje entre los dos electrodos interiores de potencial, es medido y dividido entre la corriente que fluye a través de los dos electrodos externos, para dar un valor de resistencia en  $\Omega$ .

**FIGURA 1.4** Método de Wenner mediciones de la resistividad del terreno



**Fuente:** Favio Casas Ospina.  
**Realizado:** Grupo Investigador

Donde:

A= Separación entre varillas.

B= Profundidad de los electrodos.

---

<sup>4</sup> Favio Casas Ospina.: "Tierras soporte de la seguridad eléctrica". Editorial: Seguridad eléctrica Ltda., Colombia, 2008, pág. 172.

I= Electrodo de corriente.

V= Electrodo de potencial.

Según este método para obtener la resistividad, se aplica la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{4 \pi A * R}{\left[ 1 + \left[ \frac{2 * A}{(A^2 + 4 * B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 * A}{(4 * A^2 + 4 * B^2)^{0.5}} \right]} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Donde:

$\rho$ : Resistividad aparente [ $\Omega\text{m}$ ]

R: Resistencia medida por el telurómetro [ $\Omega$ ]

A: Distancia entre electrodos [m].

B: Profundidad de enterrado de los electrodos [m].

### ***1.5.2.2. Método de Schlumberger Palmer<sup>5</sup>***

En este arreglo, al igual que en el de Wenner, los electrodos de corriente (I) y electrodos de voltaje (V), están situados en línea recta, sin embargo difiere con el método anterior, ya que la separación entre los electrodos de voltaje es diferente a la separación entre los electrodos de voltaje y corriente, como se muestra en la figura 1.5

Los electrodos de potencial se localizan lo más cerca de los correspondientes electrodos de corriente, el procedimiento para obtener la resistividad del terreno, consiste en separar progresivamente los electrodos de corriente y para efectuar la medición.

---

<sup>5</sup> Normas técnicas EPM.: "Medida de la resistividad eléctrica del suelo RA6-014". Colombia, 2008, pág 7.

La fórmula empleada en este método con la cual se calcula la resistividad del terreno se muestra a continuación:

$$\rho = \frac{\pi c (c + d)R}{d} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

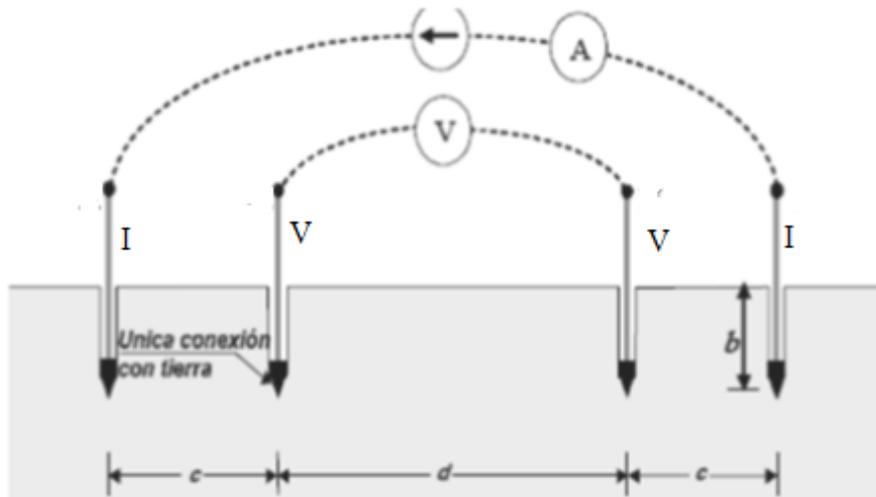
Donde:

c: Es la separación entre el electrodo de corriente y su correspondiente de voltaje.

d: Es la separación entre los electrodos de voltaje.

R: Resistencia medida por el telurómetro [ $\Omega$ ]

**FIGURA 1.5** Método de Schlumberger Palmer



**Fuente:** Favio Casas Ospina.  
**Realizado:** Grupo Investigador

### 1.5.1. RESISTIVIDAD APARENTE

Para determinar la resistividad aparente se asume un suelo homogéneo, cuando los valores de resistividad obtenidos no difieren en más del 30% del valor máximo de los mismos.

La norma IEEE Std 80-2000- 13.4-1 recomienda que para efectos de modelación del suelo, se debe asumir el valor promedio como la resistividad del terreno.

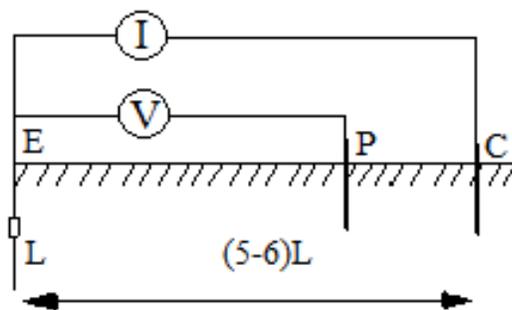
### 1.5.2. **MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA**<sup>6</sup>

La tecnología actual establece claramente que no existe artificio o medición indirecta alguna que sustituya la medición directa de la resistencia de puesta a tierra con una técnica adecuada. Estas mediciones son muy importantes para verificar la efectividad de una puesta a tierra recientemente construida o para detectar cambios como parte de una rutina de mantenimiento.

#### 1.5.2.1. *Método de curva de caída de potencial*

Este método consiste en clavar el electrodo de corriente (C) a una cierta distancia, de manera que se encuentra esté fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra incógnita y luego se mide el valor de resistencia de puesta a tierra, variando la distancia del electrodo de voltaje (P), se puede observar que existe una zona de potencial plana, equivalente a un valor constante de resistencia. Ese es, por tanto, el verdadero valor de la resistencia de una puesta a tierra.

**FIGURA 1.6** Medición de la resistencia de puesta a tierra por el método de la caída de potencial.



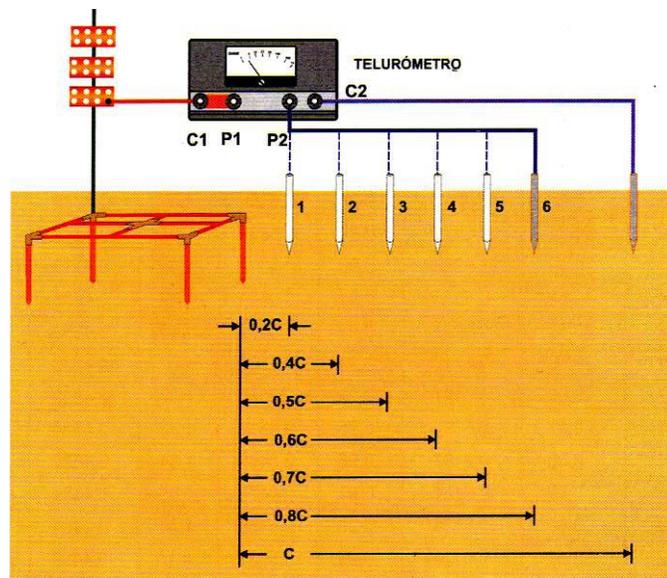
**Fuente:** Favio Casas Ospina.  
**Realizado:** Grupo Investigador

<sup>6</sup> Favio Casas Ospina.: "Tierras soporte de la seguridad eléctrica". Editorial: Seguridad eléctrica Ltda., Colombia, 2008, pág. 175.

Para que el método sea más simple se puede reducir el número de medidas a tres. Si se hace un promedio de ellas y el valor de cada medida se encuentra dentro del error aceptable para la medición (por ejemplo 5%), comparándola con el promedio, entonces, el valor "real" promedio hallado es el verdadero valor de la resistencia de puesta a tierra. Si se determina la mayor dimensión de la puesta a tierra ( $L$ ), se puede decir que una distancia apropiada es cuando está entre 5 y 6 veces dicha dimensión, la figura 1.6 representa un esquema de medición de la resistencia de puesta a tierra por el método de caída de potencial

#### 1.5.2.2. Método de la pendiente

**FIGURA 1.7** Medición de la resistencia de puesta a tierra por el método de la pendiente



**Fuente:** Favio Casas Ospina.  
**Realizado:** Grupo Investigador

Este método se utiliza para medir sistemas de puesta a tierra de tamaño considerable, cuya máxima longitud supera los 30 m. o cuando la posición del centro de la puesta a tierra no es conocido o inaccesible como un edificio, La figura 1.7 muestra el procedimiento sugerido para medir técnicamente las resistencias de puesta a tierra en grandes sistemas.

En este método se toman medidas moviendo el electrodo de voltaje al 20, 40 y 60% del electrodo remoto ubicado a una distancia C de la malla. Se mide las resistencias de puesta a tierra utilizando cada distancia, obteniendo R1, R2, R3, para luego calcular el valor de cambio de la pendiente  $\mu$  como se muestra a continuación.

Secuencia de medición y cálculo:

- Medir R con P2 al 20%, 40% y 60% de C
- Tomar R1 con P2 al 20% de C
- Tomar R2 con P2 al 40% de C
- Tomar R3 con P2 al 60% de C
- Cálculo de  $\mu$ :

$$\mu = \frac{R_3 - R_2}{R_2 - R_1}$$

Ecuación 1.3

- Obtener k de la tabla 1.2 para el valor calculado de  $\mu$ .
- Cálculo de:

$$P_T = k * C \quad (m)$$

Ecuación 1.4

- Clavar el electrodo de potencial P2 en PT.
- Medir con esta nueva disposición.
- Tomar otro valor de C, si se desea verificar el valor de la resistencia.

Donde:

R, R1, R2, R3: Mediciones tomadas por el telurómetro.

P2: Electrodo de potencial.

$\mu$ : Variación de mediciones de R.

k: Coeficiente de cálculo para el método de la pendiente.

PT: Distancia en metros para nueva medición de R.

**TABLA 1.2** Valores de k en función de  $\mu$  para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra por el método de la pendiente

$\mu$	k								
0.01	0.693	0.39	0.645	0.77	0.586	1.15	0.507	1.53	0.374
0.02	0.692	0.4	0.643	0.78	0.584	1.16	0.505	1.54	0.369
0.03	0.691	0.41	0.642	0.79	0.582	1.17	0.502	1.55	0.364
0.04	0.69	0.42	0.64	0.8	0.58	1.18	0.499	1.56	0.358
0.05	0.689	0.43	0.639	0.81	0.579	1.19	0.497	1.57	0.352
0.06	0.687	0.44	0.638	0.82	0.577	1.2	0.494	1.58	0.347
0.07	0.686	0.45	0.636	0.83	0.575	1.21	0.491	1.59	0.34
0.08	0.685	0.46	0.635	0.84	0.573	1.22	0.489	1.6	0.334
0.09	0.684	0.47	0.633	0.85	0.571	1.23	0.486	1.61	0.328
0.1	0.683	0.48	0.632	0.86	0.569	1.24	0.483	1.62	0.321
0.11	0.681	0.49	0.63	0.87	0.568	1.25	0.48	1.63	0.314
0.12	0.68	0.5	0.629	0.88	0.566	1.26	0.477	1.64	0.307
0.13	0.679	0.51	0.627	0.89	0.564	1.27	0.474	1.65	0.3
0.14	0.678	0.52	0.626	0.9	0.562	1.28	0.471	1.66	1
0.15	0.676	0.53	0.624	0.91	0.56	1.29	0.463	1.67	0.284
0.16	0.675	0.54	0.623	0.92	0.558	1	0.465	1.68	0.276
0.17	0.674	0.55	0.621	0.93	0.556	1.31	0.462	1.69	0.267
0.16	0.673	0.56	0.62	0.94	0.554	1.32	0.459	1.7	0.258
0.19	0.671	0.57	0.618	0.95	0.552	1.33	0.436	1.71	0.248
0.2	0.67	0.58	0.617	0.96	0.55	1.34	0.452	1.72	0.238
0.21	0.669	0.59	0.615	0.97	0.548	1.35	0.449	1.73	0.228
0.22	0.668	0.6	0.614	0.98	0.546	1.36	0.445	1.74	0.217
0.23	0.666	0.61	0.612	0.99	0.544	1.37	0.442	1.75	0.205
0.24	0.665	0.62	0.61	1	0.542	1.38	0.438	1.76	0.193
0.25	0.664	0.63	0.609	1.01	0.54	1.39	0.435	1.77	0.18
0.26	0.662	0.64	0.607	1.02	0.537	1.4	0.431	1.78	0.166
0.27	0.661	0.65	0.606	1.03	0.535	1.41	0.427	1.79	0.151
0.28	0.66	0.66	0.604	1.04	0.533	1.42	0.423	1.8	0.135
0.29	0.658	0.67	0.602	1.05	0.531	1.43	0.419	1.81	0.118
0.3	0.657	0.68	0.601	1.06	0.529	1.44	0.415	1.82	0.1
0.31	0.656	0.69	0.599	1.07	0.526	1.45	0.411	1.83	0.08
0.32	0.654	0.7	0.598	1.08	0.524	1.46	0.407	1.84	0.059
0.33	0.653	0.71	0.596	1.09	0.522	1.47	0.403	1.85	0.035
0.34	0.652	0.72	0.594	1.1	0.519	1.48	0.398		
0.35	0.65	0.73	0.592	1.11	0.517	1.49	0.394		
0.36	0.649	0.74	0.591	1.12	0.514	1.5	0.389		
0.37	0.647	0.75	0.589	1.13	0.512	1.51	0.384		

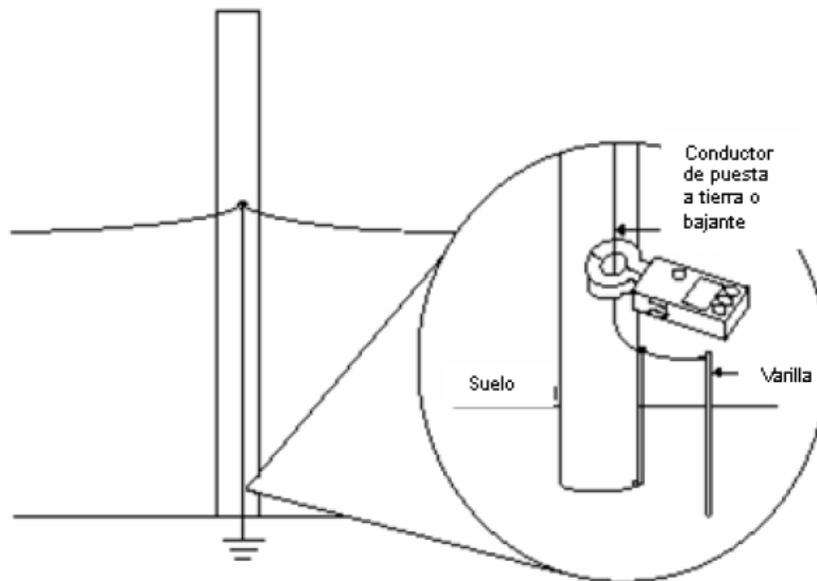
**Fuente:** Favio Casas Ospina.  
**Realizado:** Grupo Investigador

**1.5.2.3. Medida de la resistencia de puesta a tierra mediante medidor tipo pinza.<sup>7</sup>**

Este es un método práctico representado esquemáticamente en la figura 1.8, se usa para medir la puesta a tierra en sitios donde es imposible usar el método convencional de caída de potencial, como es el caso de lugares densamente poblados, celdas subterráneas, centros grandes ciudades, etc.

El medidor tipo pinza mide la resistencia de puesta a tierra de una varilla o sistema de puesta a tierra simplemente abrazando el conductor de puesta a tierra o bajante.

**FIGURA 1.8** Medición de la resistencia de puesta a tierra utilizando medidor tipo pinza



**Fuente:** Normas EPM  
**Realizado:** Grupo Investigador

---

<sup>7</sup> Normas EPM RA06-15.: “Medida de la resistencia de puesta a tierra”, Colombia, 2005.

## **1.6. ADITIVOS Y RELLENOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PUESTAS A TIERRA**

Las normas de materiales para redes eléctricas de la Empresa Eléctrica de Medellín establecen “Los rellenos y aditivos se utilizan para mejorar la conductividad y la resistencia eléctrica de los suelos en la puesta a tierra de las redes de distribución de energía, cuando los suelos presentan una resistividad eléctrica alta, suelos inestables eléctricamente o para evitar colocar más electrodos”.

De acuerdo con lo establecido en la IEEE 142, la resistividad del suelo podrá ser reducida por cualquier tipo de tratamiento químico desde el 15% hasta el 90%, dependiendo del tipo y textura del suelo circundante.

Los medios químicos más comunes para reducir la resistividad del suelo en el mercado son: cloruro de sodio, sulfato de magnesio y sulfato de cobre, siendo los más utilizados las sales y el sulfato de magnesio.

Comercialmente existen rellenos y aditivos como el carbón (COKE), carbón vegetal, desechos de hierro o polvo metálico y geles.

Las características principales que deben presentar estos aditivos son: ser estables ante las descargas atmosféricas, a los ciclos de humedad y al calor del suelo; estaciones de lluvia y de sequía. Deberán ser ambientalmente, seguros y no degradar los suelos circundantes. La eficacia del relleno deberá tener en cuenta el carácter geológico y el carácter químico del terreno, en particular la cantidad de sales o de otros electrólitos disueltos en el terreno, la temperatura del terreno y la humedad del suelo. La cantidad de humedad en el suelo natural o artificial (rellenos y/o aditivos) dependen de la granulometría: tamaño del grano, compactación y la variabilidad de los tamaños del grano.

La instalación se hará de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes y deberán indicar para que tipo de suelo se usa: arcilla, arena, mezcla de arcilla-arena, grava o roca.

Los materiales deberán tener una vida útil mínima de cinco (5) años en funcionamiento, un (1) año como mínimo de almacenamiento y cada determinado tiempo se debe realizar mantenimiento a la puesta a tierra.

Dentro de los aditivos que más se emplean en la mejora de los suelos están los que se describen a continuación:

#### ***1.6.1. CONCRETO Y CEMENTO CONDUCTIVOS COMO RELLENO***

El concreto como un medio circundante del electrodo para tener una buena resistencia de puesta a tierra es referenciado en la IEEE 80, IEEE 142, ANSI/IEEE C2 NESC (National Electrical Safety Code) y la ANSI/NFPA 70 NEC.

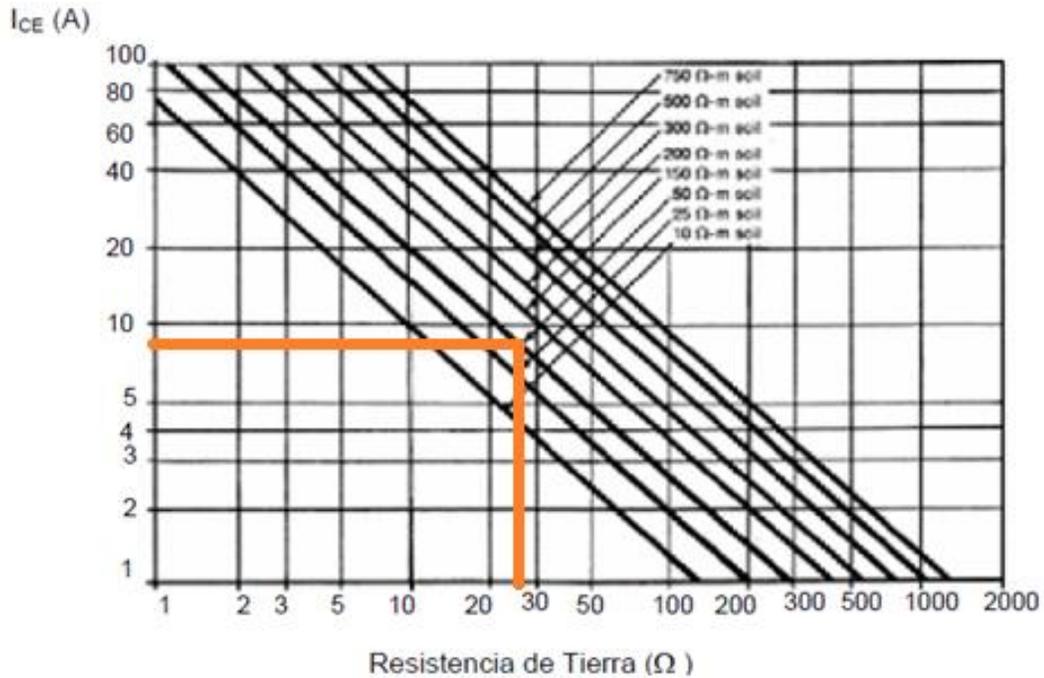
El NESC lo tiene como parte de un electrodo existente o cuando se hace necesario utilizarlo en nuevas instalaciones. Este se puede utilizar en cualquier tipo de geometría del electrodo. El electrodo no debe estar aislado del suelo. La profundidad a la superficie del suelo no debe ser menor a 300mm y una profundidad máxima de 750mm. El electrodo debe estar embebido al menos 50mm de concreto.

Cuando el suelo es pantanoso (inestable) es recomendable usar el concreto con una resistividad de un rango entre 30 a 90 ohmios-metros. El concreto es un material higroscópico por naturaleza que tiende a absorber la humedad y retenerla máximo por 30 días en periodos secos o falta de lluvia.

El cemento conductivo debe ser de buena conductividad del tipo PORTLAND el cual contiene óxido de calcio que combinado con el agua no permite formaciones arcillosas o sales. El cemento conductivo cuando está bien saturado de agua tiene una resistividad de 20 a 50 ohmios-m.

En la Figura 1.9, establecida por la norma IEEE 80, muestra el comportamiento de los electrodos que son embebidos en concreto, la figura nos muestra el ensayo realizado para observar la conductividad, cuando se monitorea la corriente eléctrica que fluye través de un cilindro de 55mm de radio por 102 mm de largo durante un periodo de 6 horas aplicando un voltaje. Se observa que para una corriente de circulación constante, al disminuir la resistividad del concreto, la resistencia de tierra disminuye también.

**FIGURA 1.9:** Capacidad de corriente de corto tiempo de electrodos embebidos en concreto



**Fuente:** Normas IEEE80  
**Realizado:** Grupo Investigador

### 1.6.2. MEZCLA DE RELLENOS

Generalmente tienen una baja resistividad. Deben ser altamente higroscópicos, pueden ser a base de carbón o sales metálicas gruesas de tal manera que forme una solución electrolítica con el suelo circundante, formando unas “raíces electrolíticas” que sirven para la reducción en la resistencia eléctrica.

### **1.6.3. ESCORIA METÁLICA**

La escoria metálica es otra forma de mejorar la resistencia de puesta a tierra. En general las escorias metálicas vienen mezcladas con concreto.

### **1.6.4. RELLENOS A BASE DE GEL**

Cuando el relleno es a base de gel este deberá tener un alto punto de fusión debido a las altas temperaturas presentes en caso de fallas, por lo tanto deberá tener como mínimo una temperatura de fusión de 1000°C.

Las pruebas que se le harán serán de contenido de humedad y cambio de volumen tal como lo establece la norma ASTM D4609.

## **1.7. LA PUESTA A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.**

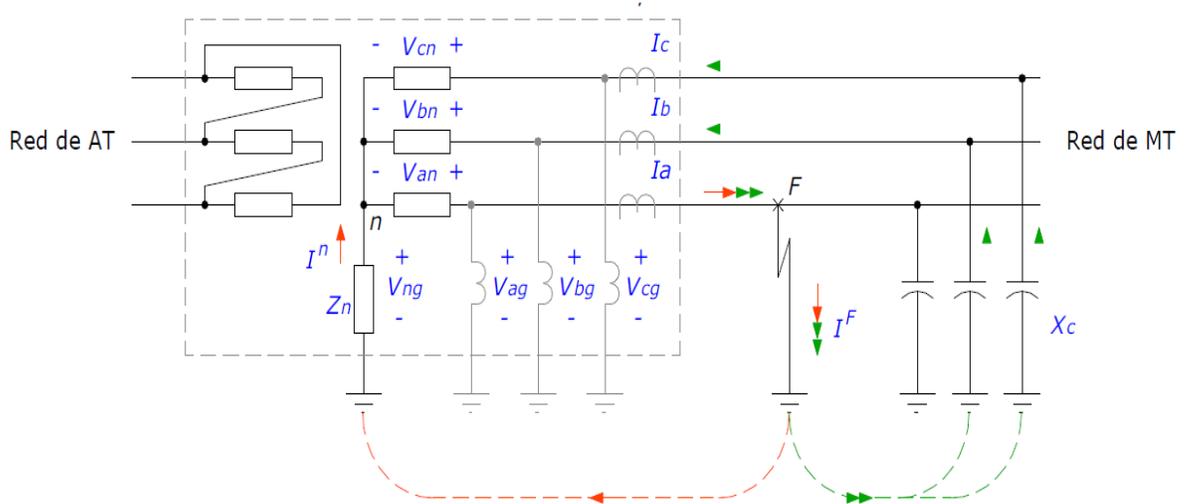
Los sistemas eléctricos generalmente contienen un medio de conexión con tierra, cuyo objeto primordial es limitar las diferencias de potencial que pudiesen darse entre sus elementos, o entre aquellos que puedan estarlo de manera accidental y que no deban estar sometidos a diferencias de potencial eléctrico. Manteniendo las instalaciones eléctricas en un estado seguro para las personas y para la integridad material de los aparatos que la componen. En base al objetivo perseguido por dicha conexión a tierra, se distingue dos conceptos de sistemas de puesta a tierra, la puesta a tierra de protección y la puesta a tierra de servicio o funcional:

- La puesta a tierra de protección es aquella que tiene por finalidad exclusiva la seguridad eléctrica y lo conforma el sistema de conductores que unen de manera directa con tierra, a través de mallas de conductores enterrados y picas, las partes conductoras de una instalación que no están en voltaje normalmente pero que pueden estarlo a consecuencia de averías, accidentes,

descargas atmosféricas o sobretensiones con el fin de proteger a las personas contra contactos con tensiones peligrosas.

- La puesta a tierra de servicio o funcional por su parte es aquella que, de manera directa o a través de resistencias o impedancias adicionales, tienen por objeto unir a tierra de manera permanente ciertos puntos de los circuitos eléctricos de servicio que lo necesiten para su correcto funcionamiento, como: los neutros de los transformadores en instalaciones o redes con neutro a tierra, el neutro de los generadores y otros aparatos o equipos que lo precisen, los circuitos de bajo voltaje de los transformadores de medida, los limitadores, descargadores auto valvulares, pararrayos para eliminación de sobrevoltajes o descargas atmosféricas y los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra<sup>8</sup>, La figura 1.10 muestra un esquema de conexión de una puesta a tierra con impedancia, ante una falla monofásica a tierra.

**FIGURA 1.10** Circulación de corriente ante falla 1 $\phi$  - tierra en red M.V. neutro a tierra



**Fuente:** Enrique Cordero Herrera  
**Realizado:** Grupo Investigador

<sup>8</sup> Enrique Cordero Herrera, *Sistemas de Puesta a Tierra en Redes de Distribución MT mediante Neutro Resonante*, 2011

El presente trabajo se refiere a la puesta a tierra de servicio y concretamente a la manera de realizar conexiones a tierra del neutro del alimentador de distribución, cuya función fundamental es, disponer un punto de referencia para los voltajes de la red de distribución en medio voltaje, es decir mantener el neutro del sistema trifásico a un potencial de referencia fijo, quedando así relacionados y limitados los potenciales de las partes activas o fases respecto a tierra, tanto en funcionamiento normal como en casos de falla a tierra.

Cuando se produce una falla de una fase con tierra, además de aparecer un sobrevoltaje en la fase con falla, el voltaje en dicha fase se colapsa y aparece en las demás fases sin falla, una elevación de voltaje respecto a tierra, por la relación fija existente entre ellas y el voltaje del neutro del sistema a través de los devanados del transformador. Como se muestra en la figura 1.10.

### ***1.7.1. TIPOS DE PUESTA A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.***

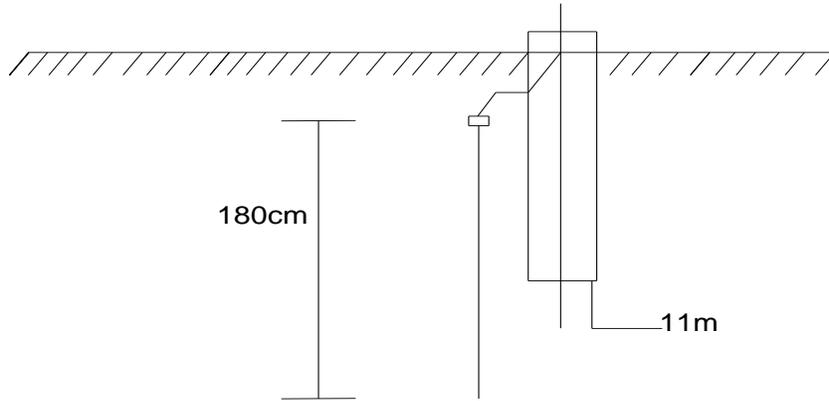
Para tener un valor adecuado menor a lo establecido por la EEASA de 25 ohms, se debe tomar en consideración los diferentes tipos de puestas a tierra como consta en la norma de la Empresa Eléctrica Ambato y que establece para las diferentes resistividades existentes.

Los tipos para líneas y redes de distribución son las siguientes:

#### ***1.7.1.1. Disposición I (G2-1) Varilla Vertical Enterrada.***

Es una de las más convenientes y económicas formas de electrodo, en la figura 1.11 se muestra las partes constitutivas de este tipo de puesta a tierra, Se utiliza cuando el suelo es orgánico.

**FIGURA 1.11** Varilla vertical enterrada



**Fuente:** Guías De Diseño Parte III-B Redes Aéreas EEASA  
**Realizado:** Grupo Investigador

Para el cálculo de la resistencia de un SPT con electrodo en sus diferentes disposiciones, se determina a través de la ecuación 1.5

$$\rho = \frac{R(2\pi l)}{\ln\left(\frac{2l}{r}\right)} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

Para determinar la resistividad a utilizar con esta disposición, se realiza el siguiente cálculo, estimando la resistencia de puesta a tierra indicada por la EEASA.

Datos:

$$L = 1.8\text{m}$$

$$r = 5/8'' = 0.016\text{m}$$

$$R = 25 \Omega$$

$$\rho = ?$$

Tomando la ecuación 1.5

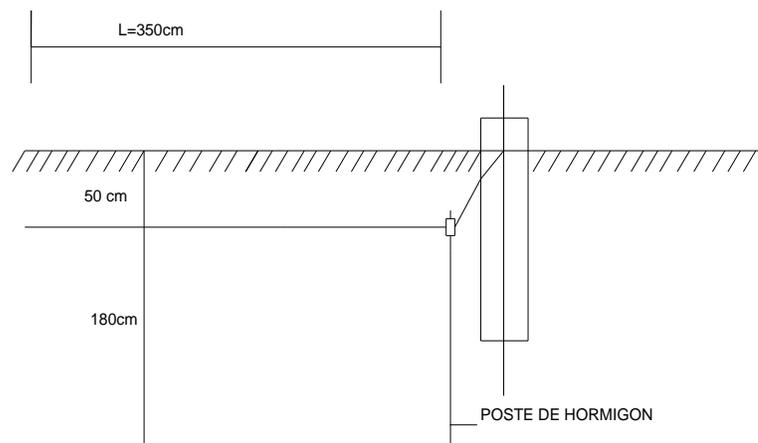
$$\rho = \frac{R(2\pi l)}{\ln\left(\frac{2l}{r}\right)}$$
$$\rho = \frac{25(2)(3.1416)(1.8)}{\ln\frac{2(1.8)}{0.008}}$$
$$\rho_{max} = \frac{282,74}{\ln 450} = 46,28 \Omega m$$

Con esta disposición se puede tener una resistividad máxima de  $47\Omega\text{-m}$ , en la EEASA esta disposición está definida como G2-1 de SPT

**1.7.1.2. Disposición II (G2-2) Varilla vertical enterrada acompañada de contrapeso**

A más de la varilla enterrada puede conectarse en el extremo superior de la misma, un conductor horizontal enterrado con la finalidad de reducir la resistencia de contacto de puesta a tierra, Disposición II (G2-2) Se utiliza cuando el suelo es Arcilloso, como se observa en la figura 1.12

**FIGURA 1.12** Disposición G2-1



**Fuente:** Guías De Diseño Parte III-B Redes Aéreas EEASA  
**Realizado:** Grupo Investigador

Para el cálculo de la resistencia de un contrapeso, se determina a través de la ecuación 1.6

$$R_{cp1} = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{l}{r} + \ln \frac{l}{2h} \right) \quad \text{Ecuación 1.6}$$

En función de la ecuación 1.5, la ecuación 1.6 y aplicando resistencia en paralelo para el contrapeso adicionado a la varilla se tiene:

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l_{cp}} \left( \ln \frac{l_{cp}}{r_{cp}} + \ln \frac{l_{cp}}{2h} \right)} + \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2lv}{rv} \right)} \quad \text{Ecuación 1.7}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{5.0741}{\rho}$$

$$\rho = 5.684 * 25$$

$$\rho_{max} = 126.8517 \Omega m$$

Para la disposición G2-2 la resistividad máxima será de aproximadamente 127  $\Omega m$ .

### ***1.7.1.1. Disposición III (G2-3) Varilla vertical enterrada aumentando la longitud del contrapeso.***

Para disminuir la resistencia de puesta a tierra, el primer paso es aumentar la longitud del contrapeso, como se muestra en la figura 1.13.

Con la ecuación 1.7, y la nueva longitud del contrapeso, se tiene:

Datos:

Varilla

$$L_v = 1.8 \text{ m}$$

$$d = 5/8'' = 0.016\text{m}$$

Conductor

$$L_{cp} = 7\text{m}$$

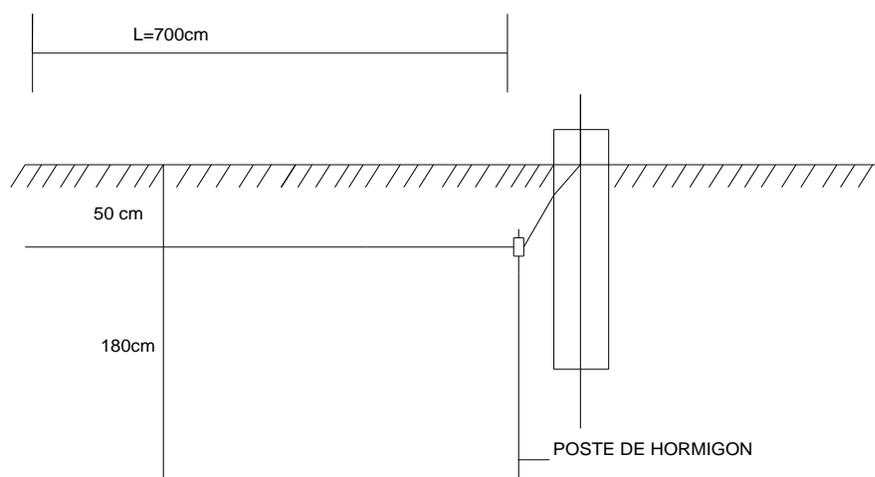
$$D = 0.0074\text{ m}$$

$$h = 1.8\text{ m}$$

$R_{cp1}$  = resistencia contrapeso 1

$R_{v1}$  = resistencia de la varilla.

**FIGURA 1.13** Disposición G2-3



**Fuente:** Guías De Diseño Parte III-B Redes Aéreas EEASA

**Realizado:** Grupo Investigador

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_{cp1}} + \frac{1}{R_{v1}}$$

$$\frac{1}{25 \Omega} = \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{l_{cp}}{r_{cp}} + \ln \frac{l_{cp}}{2h} \right)} + \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l v} \left( \ln \frac{2lv}{rv} \right)}$$

$$\frac{1}{25\Omega} = \frac{7.2081}{\rho}$$

$$\rho = 25 * 7.2081$$

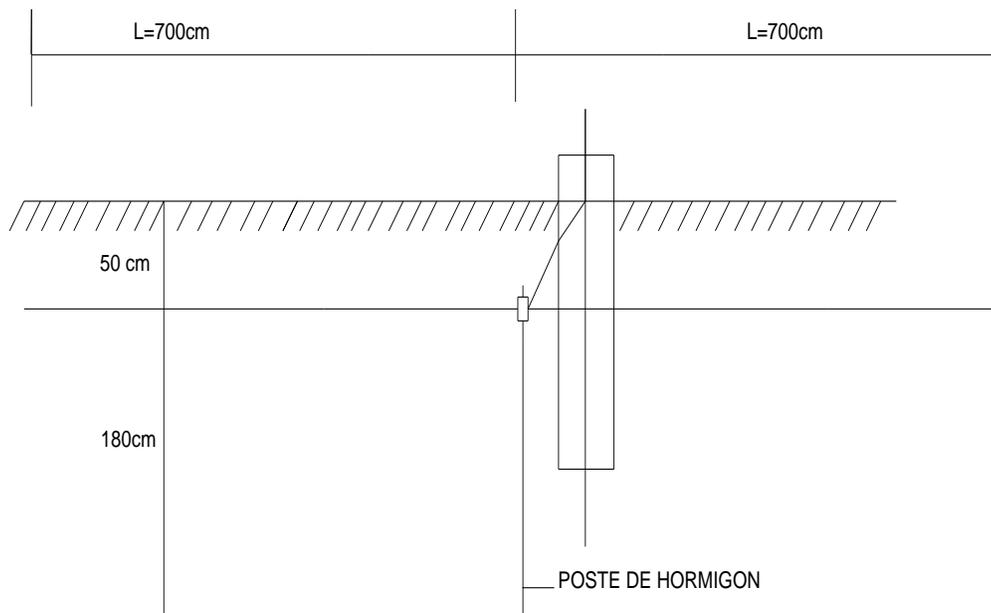
$$\rho = 180.2025\Omega m.$$

Para la disposición G2-3. De un contrapeso del doble de longitud del anterior y una varilla se podría instalar esta disposición en terrenos donde la resistividad sea menor a 180  $\Omega m$ .

**1.7.1.2. Disposición IV (G2-4) Varilla vertical enterrada con dos contrapesos.**

Al aumentar dos contrapesos a la varilla de puesta tierra, se disminuye aún más la resistencia de la misma como se muestra en la figura 1.14.

**FIGURA 1.14** Disposición G2-4



**Fuente:** Guías De Diseño Parte III-B Redes Aéreas EEASA

**Realizado:** Grupo Investigador

Datos:

Conductor

Lcp1 (Longitud contrapeso 1)= 7m

Lcp2 (Longitud contrapeso 2)= 7m

h = 1.8 m

d = 0.0074 m

Varilla

L= 1.8 m

d = 0.016

Rcp1= resistencia contrapeso 1.

Rv1= resistencia de la varilla.

Rcp2 = resistencia contrapeso 2.

En la disposición descrita, se determina la resistencia de puesta a tierra total de la siguiente forma:

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_{cp1}} + \frac{1}{R_{cp2}} + \frac{1}{R_v}$$

Reemplazando la ecuación 1.6 y ecuación 1.5

$$\frac{1}{25\Omega} = \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l_{cp1}} \left( \ln \frac{l_{cp1}}{r_{cp1}} + \ln \frac{l_{cp1}}{2h_1} \right)} + \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l_{cp2}} \left( \ln \frac{l_{cp2}}{r_{cp2}} + \ln \frac{l_{cp2}}{2h_2} \right)} + \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l_v} \left( \ln \frac{2l_v}{r_v} \right)}$$

Asumiendo una resistencia de puesta a Tierra de 25  $\Omega$ , la cual se establece en la normas de la EEASA se tiene:

$$\frac{1}{25} = \frac{2(5,3569)}{\rho} + \frac{1,8512}{\rho}$$

$$\rho = 25(12,565)$$

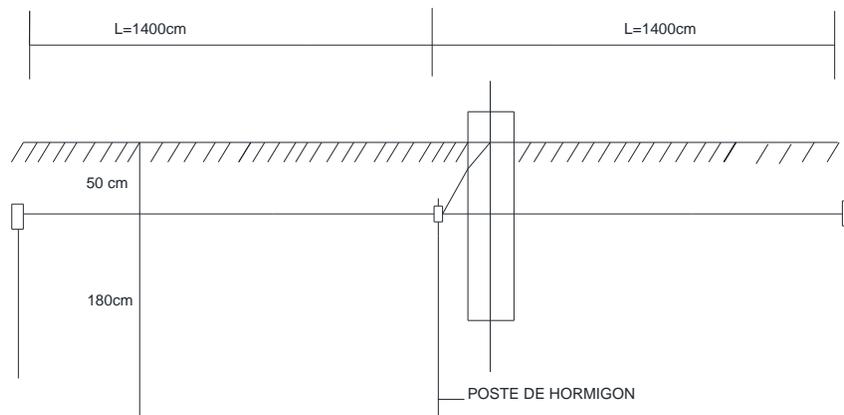
$$\rho = 314,125 \Omega m$$

Para la disposición G2-4, y de acuerdo a los cálculos se establece que la misma servirá para suelos donde la resistividad sea menor a 314.  $\Omega m$ .

**1.7.1.1. Disposición V (G2-5) Tres Varillas enterradas en línea recta con contrapeso**

En la S/E Baños alimentador Rio verde se tiene resultados de resistividad que sobrepasa los 500  $\Omega m$  por tal motivo se utilizó la disposición G2-5 que se muestra en la figura 1.15.

**FIGURA 1.15** Disposición G2-5



**Fuente:** Guías De Diseño Parte III-B Redes Aéreas EEASA

**Realizado:** Grupo Investigador

Esta disposición tendrá dos contrapesos de 14 m cada lado y en el centro una varilla.

Datos:

Conductor:

$$L_{cp1} = 14\text{m}$$

$$L_{cp2} = 14\text{m}$$

$$h = 1.8\text{ m}$$

$$d = 0.0074\text{ m}$$

Varilla

$$L = 1.8\text{ m}$$

$$d = 0.016$$

R<sub>cp1</sub> = resistencia contrapeso 1.

R<sub>v1</sub> = resistencia de la varilla.

R<sub>cp2</sub> = resistencia contrapeso 2.

Tomando de la ecuación 1.7 se calcula lo siguiente, y considerando que existe dos contrapesos y tres varillas.

$$\frac{1}{25\Omega} = \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l_{cp1}} \left( \ln \frac{l_{cp1}}{r_{cp1}} + \ln \frac{l_{cp1}}{2h_1} \right)} + \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l_{cp2}} \left( \ln \frac{l_{cp2}}{r_{cp2}} + \ln \frac{l_{cp2}}{2h_2} \right)} + \frac{1}{\frac{\rho}{2\pi l_v} \left( \ln \frac{2l_v}{rv} \right)}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{2}{\frac{\rho}{2\pi l_{cp}} \left( \ln \frac{l_{cp}}{r_{cp}} + \ln \frac{l_{cp}}{2h} \right)} + \frac{3}{\frac{\rho}{2\pi l_v} \left( \ln \frac{2l_v}{rv} \right)}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{2}{\frac{\rho}{2(3.1416)} \left( \ln \frac{14}{0,0037} + \ln \frac{14}{3,6} \right)} + \frac{5,5536}{\rho}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{2}{\rho \cdot 0.1091} + \frac{5,5536}{\rho}$$

$$\rho = 25(18,33 + 5,5536)$$

$$\rho = 597,09 \Omega m.$$

En la tabla 1.3 se muestran los valores referenciales de resistividad de los suelos y la configuración de las puestas a tierra sugeridas por las Normas de la Empresa Eléctrica Ambato.

**TABLA 1.3** Valores de resistividad mínima para cada configuración del SPT

DISPOSICION DE SPT CON ELECTRODOS EN FUNCION DE LA RESISTIVIDAD DEL TIPO DE SUELO.	
RESISTIVIDAD ( $\Omega m$ )	DISPOSICION DE UN SPT CON ELECTRODO
0( $\Omega m$ )-47( $\Omega m$ )	G2-1
48( $\Omega m$ )-126 ( $\Omega m$ )	G2-2
127( $\Omega m$ )-180 ( $\Omega m$ )	G2-3
181( $\Omega m$ )-314( $\Omega m$ )	G2-4
315( $\Omega m$ )-598( $\Omega m$ )	G2-5

**Fuente:** Normas EEASA

**Realizado:** Grupo Investigador

### 1.7.2. NATURALEZA DE LA RESISTENCIA DE LOS ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.<sup>9</sup>

En general, la resistencia total que presenta una instalación de puesta a tierra está constituida por la suma de las siguientes partes:

- La resistencia del conductor (línea de tierra y línea de enlace con el electrodo) que conecta el electrodo de tierra al sistema que debe ponerse a tierra.
- La resistencia de contacto entre la superficie del electrodo y el terreno.

<sup>9</sup> Rogelio García Márquez, La puesta a tierra de instalaciones eléctricas, Barcelona, MARCOMBO S.A. 1999

- La resistencia del suelo en el que está enterrado el electrodo.

La resistencia del conductor se puede determinar perfectamente por los procedimientos usuales. La de contacto con el terreno es despreciable por su escaso valor y la parte más significativa es la correspondiente al terreno que rodea al electrodo.

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.**

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. constituida el 29 de Abril de 1.959, brinda el servicio de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, cubriendo una amplia área de concesión, en el cual es notoria la presencia en las regiones Sierra y Oriente.<sup>10</sup>

##### **2.1.2. ÁREA DE CONCESIÓN.**

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A., tiene el compromiso de brindar el servicio de energía eléctrica en su área de concesión que supera los 40.805 km<sup>2</sup> y que en la actualidad atiende a 240.000 clientes aproximadamente hasta el año 2014, distribuidos en las provincias de Tungurahua, Pastaza; Morona Santiago y Napo.

La prestación de este servicio implica un despliegue material, humano y tecnológico apreciable por un lado y permanente por otro; toda vez que, se debe laborar las 24

---

<sup>10</sup> Antecedentes Empresa Eléctrica Ambato

horas del día y los 365 días del año, en ambientes de trabajo de alto riesgo y condiciones climáticas bastante adversas, para atender adecuadamente las demandas de los clientes.

A fin de responder satisfactoriamente a esas demandas, la EEASA ha debido en el transcurrir del tiempo adoptar esquemas organizativos que satisfagan dichas demandas, buscando permanentemente acortar los tiempos de respuesta para los diferentes trámites y la satisfacción del cliente.

A la fecha, la EEASA está comprometida con la implantación del Sistema de Gestión de Calidad, con un enfoque en los procesos para lograr simplicidad, agilidad y oportunidad en los trámites, tal como lo exige trabajar bajo los estándares de la norma ISO 9001-2008.

### **2.1.3. MISIÓN.**

“Suministrar Energía Eléctrica, con las mejores condiciones de calidad y continuidad, para satisfacer las necesidades de los clientes en su área de concesión, a precios razonables y contribuir al desarrollo económico y social”.

### **2.1.4. VISIÓN**

"Constituirse en empresa líder en el suministro de energía eléctrica en el país".

### **2.1.5. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES.**

- Disponer de recursos humanos capacitados, motivados y comprometidos con los objetivos institucionales.
- Practicar una gestión gerencial moderna, dinámica, práctica, competitiva, comprometida en el mejoramiento continuo.
- Disponer de un sistema eléctrico confiable, utilizando tecnología adecuada.
- Tener procesos automatizados e integrados.

## **2.2. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **2.2.1. MÉTODOS**

#### **2.2.1.1. Método lógico inductivo**

FERRER Jesús (2010) indica que: “**Metodológico inductivo** describe al método como el razonamiento que, partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales. Este método permite la formación de hipótesis, investigación de leyes científicas, y las demostraciones. La inducción puede ser completa o incompleta.”

Este método por lo tanto es útil en el presente trabajo por cuanto permitirá formar hipótesis sobre la funcionalidad de los sistemas de puestas a tierra en circuitos primarios de distribución.

#### **2.2.1.2. Método lógico deductivo**

FERRER Jesús (2010) menciona que El papel del Método lógico deductivo es doble: a. Primero consiste en encontrar principios desconocidos, a partir de los conocidos. Una ley o principio puede reducirse a otra más general que la incluya. b. También sirve para descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos. La matemática es la ciencia deductiva por excelencia; parte de axiomas y definiciones. Lo mencionado por Ferrer Jesús, indica que se partirá de conceptos existentes sobre la ingeniería de puestas a tierra, y se aplicara a un caso particular como lo es el sistema de distribución de la EEASA.

### **2.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.2.2.1. Cualitativa**

MENDOZA P. Rudy. (2007) manifiesta: La metodología cualitativa, como indica su propia denominación, tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno. Busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad. No se

trata de probar o de medir en qué grado una cierta cualidad se encuentra en un cierto acontecimiento dado, sino de descubrir tantas cualidades como sea posible.

La investigación cualitativa por lo tanto permitirá describir el funcionamiento de los sistemas de puesta a tierra en redes de distribución, determinando las condiciones en las que se encuentran las mismas en los diferentes sectores en estudio.

#### **2.2.2.2. Explicativa**

RODRÍGUEZ Félix (2014) dice: “**Investigación Explicativa** se encarga de buscar, él porque de los hechos, mediante el establecimiento de relaciones causa- efecto, respondiendo a las preguntas por qué y como del evento estudiado. Intenta descubrir leyes y principios. Una explicación no amerita necesariamente una verificación; la explicación se limita e establecer relaciones. Su método es observación, descripción y comparación”

Este nivel de Investigación permite por lo tanto determinar las causas y los efectos de una mala instalación de la puesta a tierra

### **2.2.3. TÉCNICAS**

#### **2.2.3.1. La Encuesta**

FERRER Jesús (2010) dice: La encuesta es una técnica de adquisición de información de interés sociológico, mediante un cuestionario previamente elaborado, a través del cual se puede conocer la opinión o valoración del sujeto seleccionado en una muestra sobre un asunto dado.

En base a lo anotado por Ferrer Jesús se ha planteado la encuesta a un grupo de profesionales que laboran directa o indirectamente en la operación y el mantenimiento del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Ambato, lo que permite determinar las características principales de los alimentadores de la EEASA.

## 2.3. CÁLCULO POBLACIÓN Y MUESTRA

El desarrollo del estudio se basa en la metodología cualitativa, serán empleados métodos como Método lógico inductivo, Método lógico deductivo en conjunto con las niveles de investigación Proyectiva, Predictiva: Experimental, Descriptivo y con las técnicas que sirven para la recolección de información como lo es: encuesta y la percepción a un universo específico para la determinación de la muestra

Para obtener el resultado se toma un universo de 15 ingenieros de las direcciones de: Planificación, Diseño y Construcción además Comercial, así como a 30 trabajadores de los grupos de Construcción, Operación y Mantenimiento

La muestra se calcula con la siguiente ecuación

$$n = \frac{PQ * N}{(N - 1) \left(\frac{E}{K}\right)^2 + PQ} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Tamaño de la muestra.	n = ?
Coefficiente de muestreo (0.25)	PQ = 0.25
Población:	N = 45
Error que se admite al calcular (1% a 10%)	E = 0.06
Constante de corrección para métrica (2)	K = 2

$$n = \frac{0.25 * 45}{(45 - 1) \left[\frac{0.06}{2}\right]^2 + 0.25} = 38,85 \quad \text{Ecuación 2.2}$$

De acuerdo al valor calculado mediante la ecuación se tendría una muestra de 38,85 individuos, sin embargo la teoría recomienda que cuando el universo es menor a 200

individuos la muestra debe ser el 100 % de la población. Por lo tanto se realiza la encuesta a los 45 trabajadores de la EEASA

## **2.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS**

Dada la naturaleza del estudio y en función de los datos que se requirieron, las técnicas e instrumentos de recolección estuvieron enmarcados por:

### **2.4.1. *OBSERVACIÓN DIRECTA***

Ayudó a discernir el tipo y el estado de las puestas a tierra en los alimentadores analizados.

### **2.4.2. *LA ENCUESTA***

Se aplicó mediante el instrumento denominado cuestionario, el cual se estructuró con diez preguntas de acuerdo a la información referente a: diseño de puestas a tierra, tratamiento de los suelos, medición de la resistividad de los suelos, medición de la resistencia de puesta a tierra; es decir toda la información necesaria que permitió evaluar la propuesta del análisis de las puestas a tierra e implementación en la EEASA.

Las técnicas descritas facilitaron obtener información de manera precisa, las cuales fueron aplicadas al personal de la Empresa Eléctrica Ambato vigente.

### **2.4.3. *EL FICHAJE***

Con esta técnica auxiliar se recopiló información adicional que no se incluyó en la encuesta, sino que sirvió de apoyo al trabajo de campo realizado y se determinó: características de los electrodos, estado, calibre de conductores tipo de unión (suelda o conector). Datos complementarios que fueron necesarios para determinar de mejor manera las condiciones de operación del sistema de distribución.

#### 2.4.4. LA MEDICIÓN

Se aplicó a igual número de muestras, las mismas que se ubican en las coordenadas detalladas en la tabla 2.14, obteniéndose valores de resistividad de los suelos y resistencia de las puestas a tierra existentes. Esta información permitió efectuar las comparaciones entre los valores medidos y calculados.

**FIGURA 2.1** Telurómetro



**Fuente:** Equipo de la EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.2** Pinza Megger DET20C



**Fuente:** Equipo de la EEASA  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

Para estas mediciones se contó con los equipos facilitados por la EEASA.

Los equipos utilizados fueron: un Telurómetro marca: Digital Ground resistance tester modelo 4500 y una pinza Megger DET20C. Como se muestra en las Figuras 2.1 y 2.2 Respectivamente.

A continuación se muestra las características técnicas del Megger utilizados en la medición y valoración de la Puesta a Tierra.

**TABLA 2.1** Características Pinza Megger DET20C

PINZA PARA MEDIR PUESTA TIERRA (MEGGER DET 20C DIGITAL EARTH TEST CLAMP)					
RANGO DE RESISTENCIA DE TIERRA /2	RESOLUCION	PRECISION 1	RANGO DE CORRIENTE DE FUGA	RESOLUCION	PRECISION
0.025 - 0.25 Ohms	0.002 Ohms	± 1.5% ± 0.05 Ohms	0.200-1000 mA	0.001 mA	±2,0%±0,05 mA
0.25 - 9.999 Ohms	0.002 Ohms	± 1.5% ± 0.1 Ohms	1.00-10.00 mA	0.01 mA	±2,0%±0,03 mA
10 - 99.99 Ohms	0.04 Ohms	± 2.0% ± 0.3 Ohms	10.0-100.0 mA	0.1 mA	±2,0%±0,3 mA
100 - 199.9 Ohms	0.04 Ohms	± 3.0% ± 1.0 Ohms	100-1000 mA	1 mA	±2,0%±3 mA
200 - 400 Ohms	2 Ohms	± 5.0% ± 5	0.20-35 A	0,01 A	±2,0%±0,03 A
400 - 600 Ohms	5 Ohms	± 10% ± 10 Ohms	SEGURIDAD	EN61010-2-032	
600 - 1500 Ohms	20 Ohms	± 20% Ohms		CATIII 300 V, CATII 600 V	
				Grado de contaminación 2	

**Fuente:** Empresa Eléctrica Ambato S.A

**Elaborado por:** Grupo Investigador

#### **2.4.5. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Luego del trabajo de campo se procedió a tabular las encuestas realizadas a los personeros de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. arrojando los siguientes resultados.

## PREGUNTA N.- 1

¿Han realizado estudios tendientes a determinar las condiciones óptimas de operación de los alimentadores primarios de la EEASA?

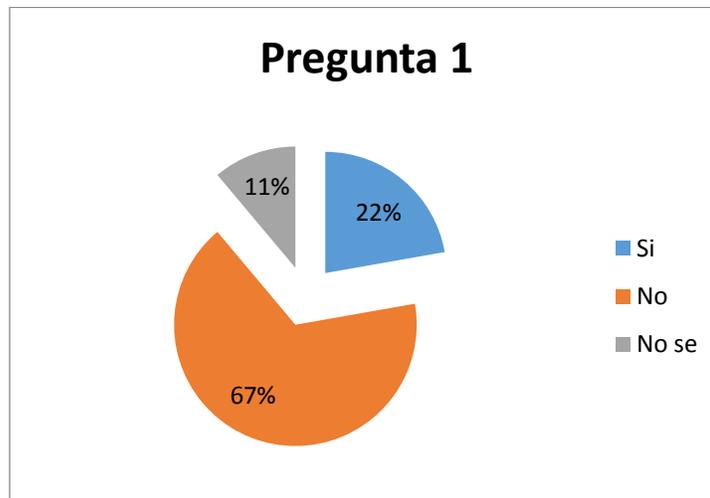
**TABLA 2.2** Valoración de opciones, Pregunta 1

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	10	22,22%
No	30	66,67%
No se	5	11,11%
Total	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA.

**Elaboración:** Grupo de Investigación.

**FIGURA 2.3** Esquema Pregunta 1



**Fuente:** Personal técnico EEASA

**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** Se determina que en la EEASA, se han realizado estudios tendientes a la operación óptima de sus alimentadores, pero no en su totalidad, sino más bien análisis puntuales, el porcentaje que manifiesta desconocer de estos trabajos corresponde al personal operativo que no se inmiscuye en este tipo de estudios.

**INTERPRETACION.-** Los encuestados definen como un paso importante el realizar este tipo de análisis para mejorar la calidad del servicio.

## PREGUNTA N.- 2

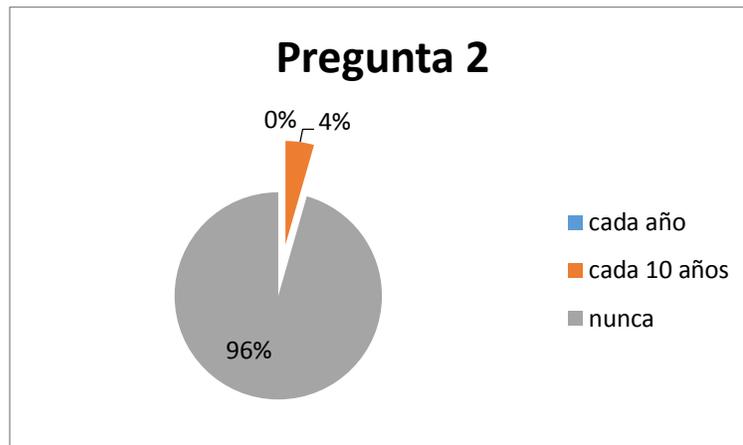
¿Cada qué periodo de tiempo realizan mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra?

**TABLA 2.3** Valoración de opciones, Pregunta 2

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
cada año	0	0,00%
cada 10 años	2	4,44%
nunca	43	95,56%
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.4** Esquema Pregunta 2



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** La grafica indica que realmente no se realizan el mantenimiento de las puestas a tierra en los alimentadores, un porcentaje muy bajo indica que el mantenimiento lo realizan cada diez años y la realidad es que una vez instalada la puesta a tierra no se realiza mantenimiento alguno.

**INTERPRETACION.-** Coinciden en la necesidad de realizar mantenimientos periódicos a los sistemas de puesta a tierra

### PREGUNTA N.- 3

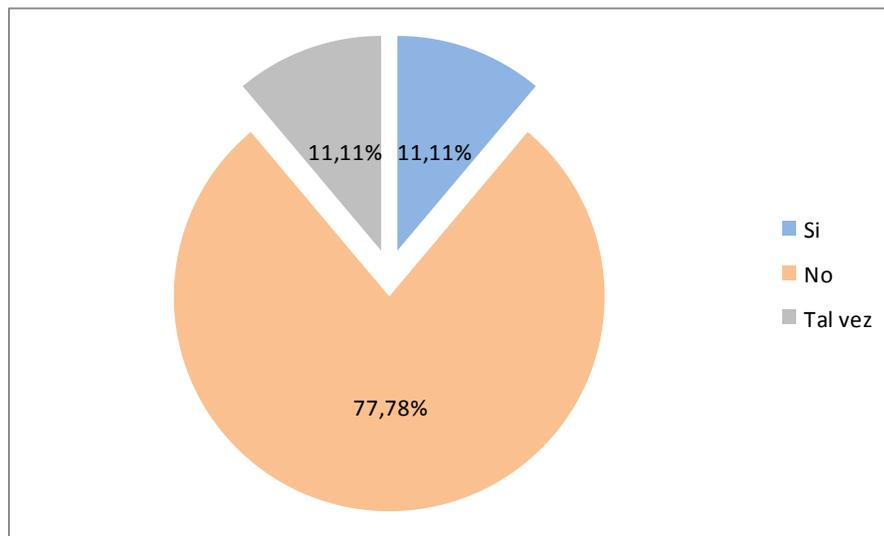
¿Para realizar las puestas a tierra en los sistemas de distribución la EEASA, realiza estudios del tipo suelo en la zona de intervención?

**TABLA 2.4** Valoración de opciones, Pregunta 3

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	5	11,11%
No	35	77,78%
Tal vez	5	11,11%
Total	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.5** Esquema Pregunta 3



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** En la EEASA, más importancia dan al valor final de la resistencia de puesta a tierra, que a las características del suelo

**INTERPRETACION.-** Coinciden en que es necesario medir la resistividad del suelo antes de realizar algún tratamiento del mismo.

#### **PREGUNTA N.- 4**

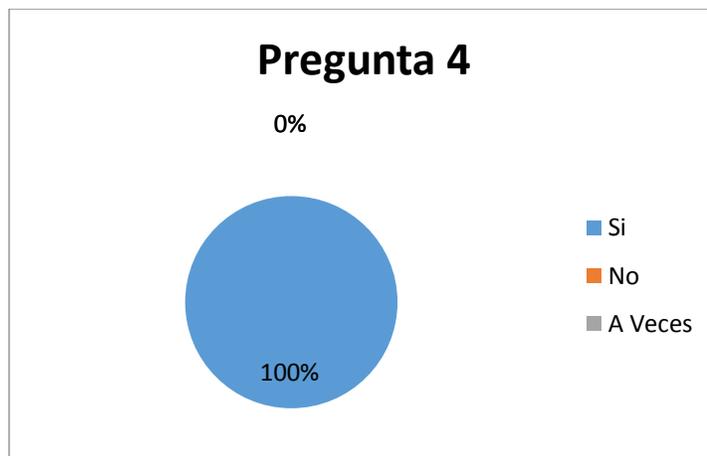
¿Una vez efectuado una nueva puesta a tierra la EEASA, realiza mediciones de la resistencia de la misma?

**TABLA 2.5** Valoración de opciones, Pregunta 4

<b>Opciones</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Si</b>	45	100,00%
<b>No</b>	0	0,00%
<b>A Veces</b>	0	0,00%
<b>Total</b>	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.6** Esquema Pregunta 4



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** Coinciden la totalidad de los encuestados profesionales y trabajadores que es práctica común efectuar mediciones de la resistencia de puesta a tierra en las instalaciones nuevas

**INTERPRETACION.-** Este procedimiento es norma dentro de la EEASA.

## PREGUNTA N.- 5

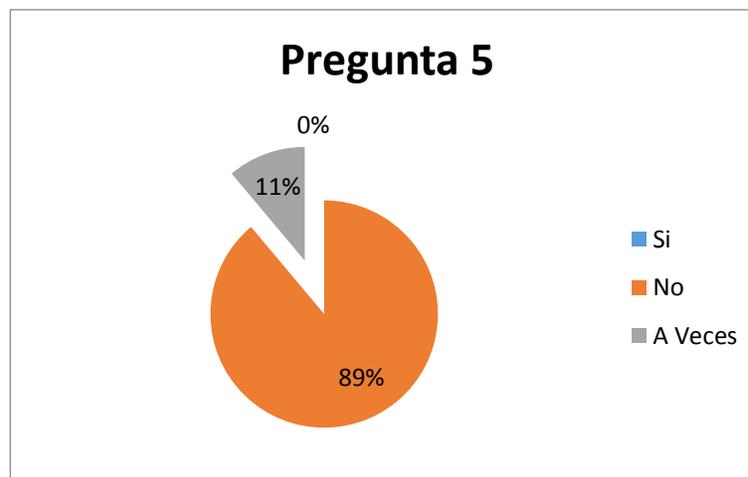
¿La EEASA exige una norma específica a la cual se deba ceñir un profesional para tratar los suelos donde se va a efectuar una puesta a tierra?

**TABLA 2.6** Valoración de opciones, Pregunta 5

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	0	0,00%
No	40	88,89%
A Veces	5	11,11%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.7** Esquema Pregunta 5



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** Tienen como referencia las normas de construcción de la empresa, sin embargo el tratamiento del suelo queda al criterio del profesional que está construyendo el proyecto.

**INTERPRETACION.-** Es necesario establecer una norma y un procedimiento obligatorio para todo el personal que esté involucrado tanto en la construcción como en el mantenimiento de los sistemas de distribución

## PREGUNTA N.- 6

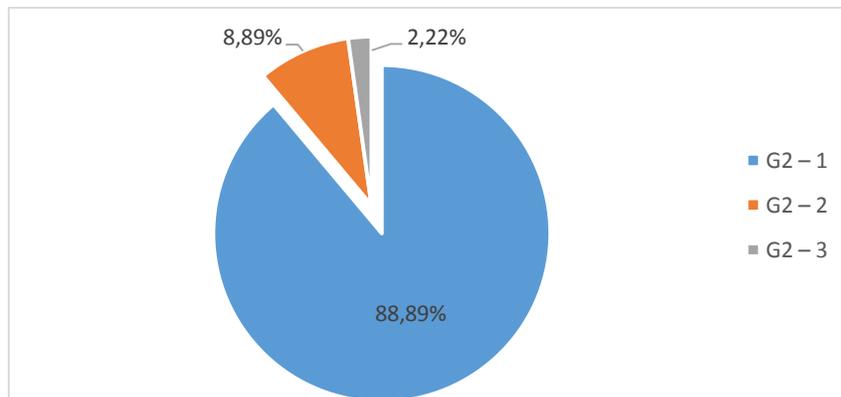
¿Cuál es el sistema de puesta a tierra más común que utiliza la Empresa Eléctrica Ambato en los sistemas de Distribución?

**TABLA 2.7** Valoración de opciones, Pregunta 6

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
G2 – 1	40	88,89%
G2 – 2	4	8,89%
G2 – 3	1	2,22%
Total	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.8** Esquema Pregunta 8



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** El tipo de puesta a tierra comúnmente utilizado en la EEASA es el que utiliza una sola varilla, se utilizan varilla con contrapeso muy pocas veces para mejorar el valor de la resistencia de puesta a tierra, y muy pocos casos que se utilizan varillas con doble longitud de contrapeso, enmarcándose en casos particulares.

**INTERPRETACION.-** El uso de una sola varilla es práctica común en los sistemas de distribución por lo que tiene suma importancia el realizar un trabajo adecuado con las puestas a tierra nuevas y efectuar mantenimientos periódicos de la misma.

## PREGUNTA N.- 7

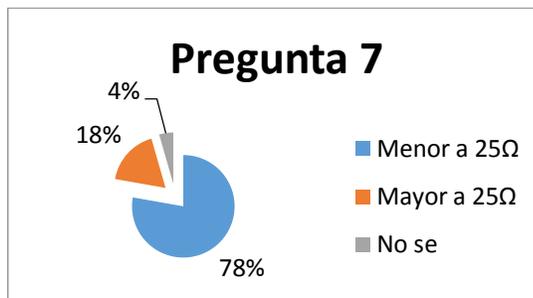
¿Cuál es el valor máximo de resistencia de puesta a tierra en sistemas de distribución aceptado por la Empresa?

**TABLA 2.8** Valoración de opciones, Pregunta 7

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
Menor a 25Ω	35	77,78%
Mayor a 25Ω	8	17,78%
No se	2	4,44%
Total	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.9** Esquema Pregunta 7



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** En cumplimiento a normas internacionales y a la propia norma interna de la empresa, el valor de la resistencia de puesta a tierra de un proyecto no debe pasar de 25 Ω.

**INTERPRETACION.-** El trabajo de medir la resistividad del suelo, el realizar el tratamiento para mejorar la calidad del mismo es de suma importancia al momento de realizar una puesta a tierra.

## PREGUNTA N.- 8

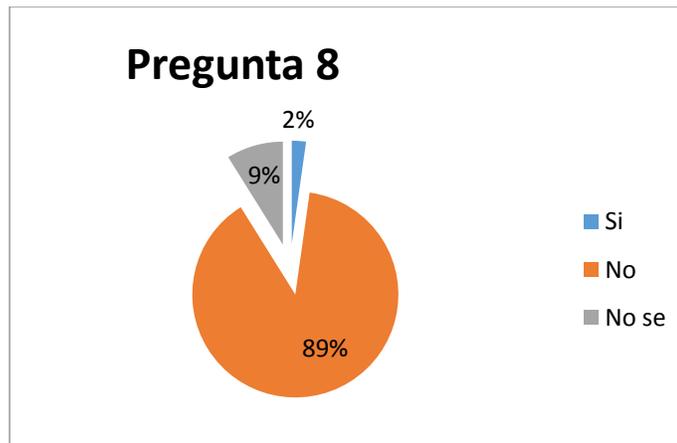
¿La EEASA, ha utilizado algún software de modelación para determinar la puesta a tierra óptima?

**TABLA 2.9** Valoración de opciones, Pregunta 8

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	1	2,22%
No	40	88,89%
No se	4	8,89%
Total	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.10** Esquema Pregunta 8



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** El personal de Planificación es el único que ha utilizado software para modelar y determinar la puesta a tierra óptima.

**INTERPRETACION.-** Es práctica común realizar la puesta a tierra y medir el valor de su resistencia, si el valor medido no es menor a 25  $\Omega$ , entonces se procede a mejorar el suelo o a aumentar una varilla.

## PREGUNTA N.- 9

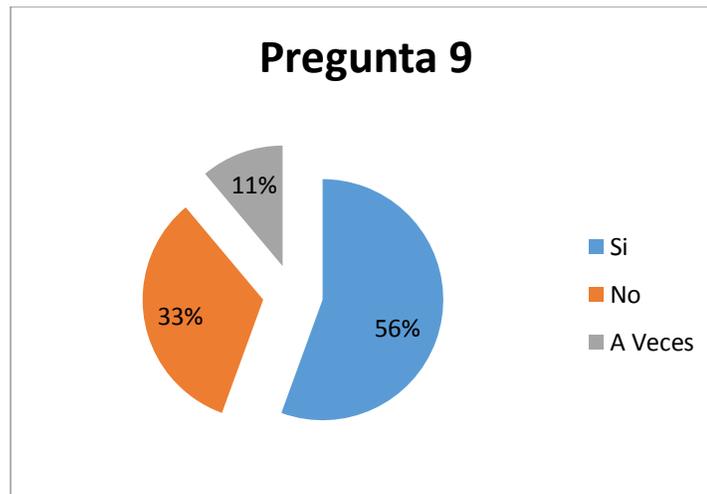
¿Ha utilizado productos químicos que mejoran la resistividad del suelo y sus bondades?

**TABLA 2.10** Valoración de opciones, Pregunta 9

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	25	55,56%
No	15	33,33%
A Veces	5	11,11%
Total	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.11** Esquema Pregunta 9



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** El mecanismo más usado es el uso de Gel, para mejorar la resistividad del suelo, otra opción menos común es el uso de contrapeso y varilla de puesta a tierra.

**INTERPRETACION.-** Se ha generalizado el uso de estos productos químicos que ayudan a mejorar el suelo para las puestas a tierra

## PREGUNTA N.- 10

¿Considera factible la implementación de un plan de mejoras en los sistemas de puesta a tierra en los circuitos primarios de la Empresa Eléctrica Ambato?

**TABLA 2.11** Valoración de opciones, Pregunta 10

Opciones	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	42	93,33%
No	1	2,22%
Tal vez	2	4,44%
Total	45	100%

**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**FIGURA 2.12** Esquema Pregunta 10



**Fuente:** Personal técnico EEASA  
**Elaboración:** Grupo de Investigación

**ANÁLISIS.-** Al estar conscientes de la importancia de las puestas a tierra en los circuitos primarios de distribución, los encuestados consideran apropiado implementar un programa tendiente a mejorar y mantener las mismas

**INTERPRETACION.-** Existe la predisposición para colaborar con planes que permitan mejorar las puestas a tierra en el menor tiempo posible.

## **2.5. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

El diagnosticar, y luego mejorar los sistemas de puesta a tierra instalados en los alimentadores primarios de le Empresa Eléctrica Ambato S.A. En la zona de concesión de la provincia de Tungurahua, reducirá las pérdidas técnicas, reducirá los sobrevoltajes por operación, maniobra y descargas atmosféricas, y las protecciones operarán adecuadamente logrando mejorar la calidad de la energía

Hipótesis (H1).

Al determinar las condiciones actuales de los sistemas de puesta a tierra, establecer los sectores críticos y proponer soluciones acordes a la situación que se presenten en cada alimentador se logrará mejorar la calidad de energía

Hipótesis Nula (H0)

El no determinar las condiciones actuales de los sistemas de puesta a tierra, ni establecer los sectores críticos no permitirá proponer soluciones acordes a la situación que se presenten en cada alimentador, implicará que los sistemas de puesta a tierra continúen deteriorándose, con lo que también se deteriorara la calidad de la energía entregada por la EEASA.

## **2.6. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.**

La Empresa Eléctrica Ambato, cuenta con un total de trece subestaciones, de las cuales diez pertenecen a la provincia de Tungurahua y las restantes se ubican en el Puyo, Mushullacta y Tena.

En la Tabla 2.12 se presenta la descripción de cada subestación así como el número de alimentadores que tiene cada una.

**TABLA 2.12: Alimentadores seleccionados para el estudio**

<b>SUBESTACIONES PERTENECIENTES A EMPRESA ELECTRICA AMBATO</b>				
Codigo S/E	Nombre S/E	# de Alimentadores x S/E	Alims Alim. Seleccionado	Cod Alim
1	SAMANGA	5	Cunchibamba	0001-0T-01
2	ATOCHA	6	Av. América	0002-0T-05
3	PENINSULA	2		
4	ORIENTE	6	Picaihua	0004-0T-05
5	LORETO	6		
6	MONTALVO	3	Sur	0006-0T-04
7	HUACHI	9	Pasa	0007-0T-02
8	PELILEO	4	Pelileo Salasaca	0009-0T-03 0009-0T-03
9	PILLARO	3		
10	BANOS	3	Río Verde	0011-0T-01
11	PUYO	6		
12	MUSHULLACTA	3		
13	TENA	5		

**Fuente:** Grupo Investigador  
**Elaborado por:** Grupo Investigador.

De las ocho subestaciones consideradas en base a las recomendaciones y sugerencias efectuadas por el Departamento de Planificación de la EEASA, se han escogido un total de ocho alimentadores como muestra, considerando que dicha muestra arrojará resultados que permitirán aplicar al universo de los alimentadores y subestaciones.

En la tabla 2.13 se muestra la ubicación de los puntos seleccionados para realizar las mediciones.

**TABLA 2.13 : Coordenadas de ubicación de los puntos a medir.**

ITEM	S/E	ALIMENTADOR	PUNTO	REFERENCIA # POSTE	REFERENCIA # TRAF0	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	SAMANGA	CUNCHIBAMBA	1	128627	S/E	762631	9880395
			2	172454	4083	767479	9874261
			3	264536	3682	770470	9879594
2	ATOCHA	AV. AMERICA	1	13393	3547	764222	98642258
			2	13489	1206	765088	9864675
			3	91444	7737	764426	9863750
			4	158349	6025	765043	9863042
			5	11952	7337	765188	9863651
3	HUACHI	PASA	1	21163	4415	753518	9858974
			2	25926	3208	753179	9857394
			3	115112	4190	752474	9861758
			4	122485	6416	758497	9857616

4	MONTALVO	SUR	1	23512	9138	766747	9855673
			2	97772	6359	768350	9855034
			3	98256	6679	771059	9855034
5	ORIENTE	P1CAIHUA	1	37231	5006	766763	9861367
			2	142219	366	766990	9860411
			3	36824	2935	769309	9861507
			4	155862	501	769196	9859454
			5	75083	7540	768076	9858309
6	PELILELO	PELILEO	1	64180	2473	770285	9856120
			2	129214	2714	771678	9855829
			3	110323	6238	772934	9855875
7	PELILELO	SALASACA	1	63582	6069	769536	9852051
			2	166261	3904	771982	9852183
			3	164794	408	774983	9852814
8	BAÑOS	RIO VERDE	1	97691	21360	814621	9840154
			2	159164	4875	792672	9845595
			3	154441	586	787961	9846252

Fuente: Trabajo de Campo

Elaborado por: Grupo Investigador

### ***2.6.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS ALIMENTADORES SELECCIONADOS PARA EFECTUAR LOS ANALISIS DE LAS PUESTAS A TIERRA***

La mayoría de los alimentadores fueron construidos hace veinte y treinta años atrás tiempo en el cual no se ha realizado una revisión peor aún un mantenimiento de las puestas a tierra, esto se evidenció en el recorrido de los alimentadores, encontrándose que, en algunos casos ha desaparecido la instalación, por hurto o deterioro del cable, sulfatamiento de los conectores y por oxidación de la varilla. Además se detectó un sinnúmero de conectores flojos por lo que prácticamente los alimentadores se encuentran sin puestas a tierra, salvo los alimentadores nuevos o que han sido remodelados.

Esta condición del sistema provoca inevitablemente inseguridad en la operación, además se incrementarán las caídas de voltaje y las pérdidas de potencia y energía.

El presente documento es una guía para el diseño de un SPT con electrodo recomendado por normas y reglamentos nacionales e internacionales, así como para tratar y mejorar las condiciones del suelo donde se realizará la puesta a tierra.

En base a la información proporcionada por el Departamento de Operación y Mantenimiento de la EEASA, y en concordancia con los requerimientos de dicho Departamento, se realiza un diagnóstico del estado actual de los Sistemas de puesta a tierra con electrodo en los alimentadores que se describen a continuación; luego de lo cual se propondrá alternativas de solución para reducir la resistencia de puesta a tierra y de esta manera cumplan con los parámetros del Sistema exigidos por la EEASA.

Utilizando el método de Wenner se determinó la resistividad de los puntos a optimizar de los alimentadores en estudio, lo cual se detalla en la tabla 2.15 y utilizando el método de la pinza, se estableció la resistencia de puesta a tierra de los mismos, valores que se muestran en la tabla 2.16

Para una mejor ubicación de los puntos de medición de estos alimentadores, en el Anexo B, se presentan los planos correspondientes.

#### ***2.6.1.1. Subestación Samanga Alimentador Cunchibamba. 01-0001-OT-02***

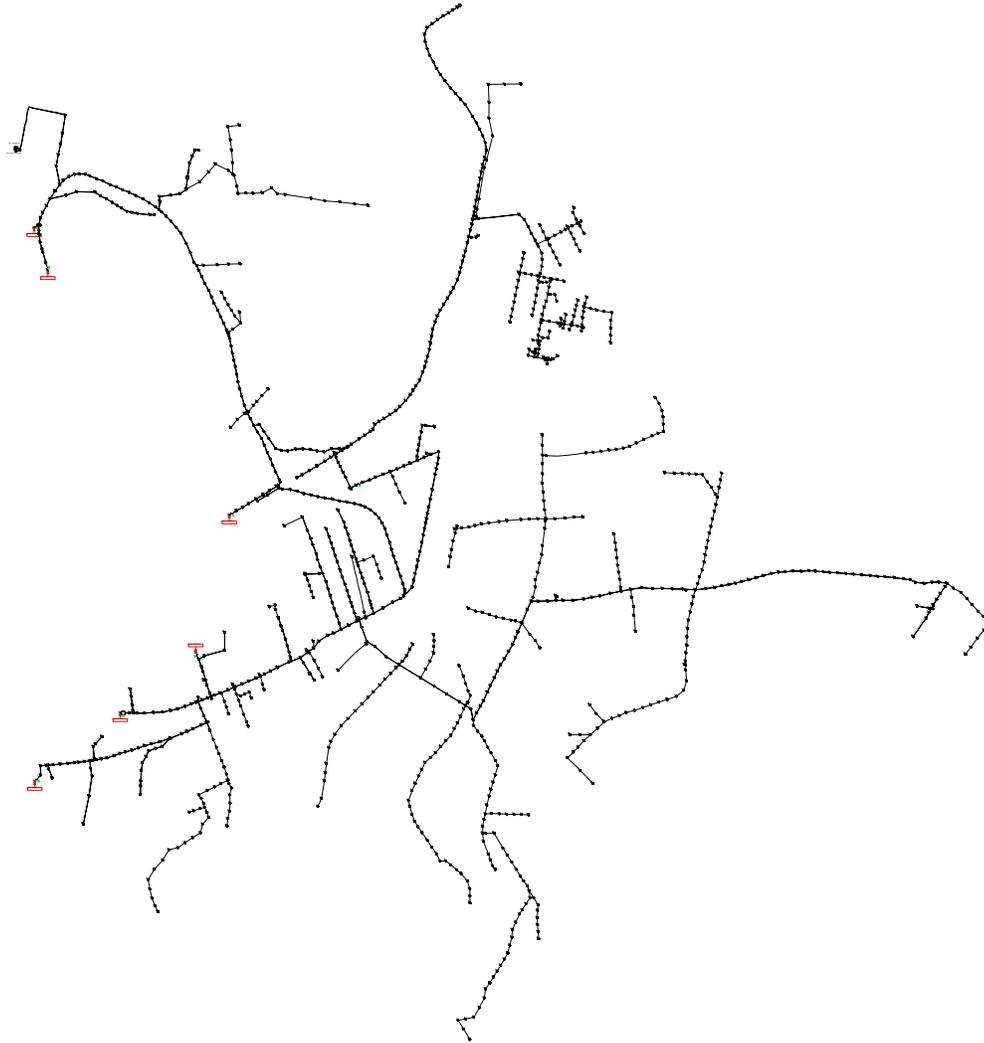
El alimentador Cunchibamba tiene un nivel de voltaje de 13,8 kV., su longitud en medio voltaje es de 47,135 km; se encuentran instalados 150 transformadores monofásicos y 35 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 185 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 2.883,00 MVA.

El calibre de conductor es de 4/0 AWG para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

Su trayecto lo realiza principalmente por el sector rural, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

En su recorrido este alimentador cruce por terrenos del tipo arenoso, seco y laderoso, determinándose por parte del INIAP, como un terreno tipo Franco.

**FIGURA 2.13** Topología alimentador Cunchibamba



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

En la figura 2.13 se muestra la topología actual del alimentador Cunchibamba, y los sectores atendidos por este alimentador.

Este alimentador Samanga en un 100% es del tipo Franco.

### 2.6.1.2. Subestación Atocha Alimentador Av. América. 02-0001-OT-05

El alimentador Av. América tiene un nivel de voltaje de 13,8 KV, su longitud en medio voltaje es de 17,99 km, se encuentran instalados 36 transformadores monofásicos y 288 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 132 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 5.462,00 MVA.

El calibre de conductor es de 266 MCM para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

**FIGURA 2.14** Topología Alimentador Av. América



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

Su recorrido lo realiza principalmente por el sector urbano, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

En la figura 2.14 se muestra la topología actual del alimentador Av. América, y los sectores atendidos por este alimentador.

Este alimentador (América) en un 100% es franco Arenoso,

### ***2.6.1.3. Subestación Huachi Alimentador Pasa. 07-0001-OT-02***

El alimentador Pasa tiene un nivel de voltaje de 13,8 KV, su longitud en medio voltaje es de 153,63 km, mientras que en bajo voltaje es de 343,137 km; se encuentran instalados 554 transformadores monofásicos y 119 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 674 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 6.451,00 MVA.

El calibre de conductor es de 266 MCM para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

Su recorrido lo realiza por el sector urbano y rural, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

En la figura 2.15 se muestra la topología actual del alimentador Pasa, y los sectores atendidos por este alimentador.

El alimentador Pasa tiene una diversidad de tipo de suelo como son el Franco, Franco Limoso y Franco Arenoso.

**FIGURA 2.15** Topología Alimentador Pasa



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

#### ***2.6.1.4. Subestación Montalvo Alimentador El Sur 06-0004-OT-04***

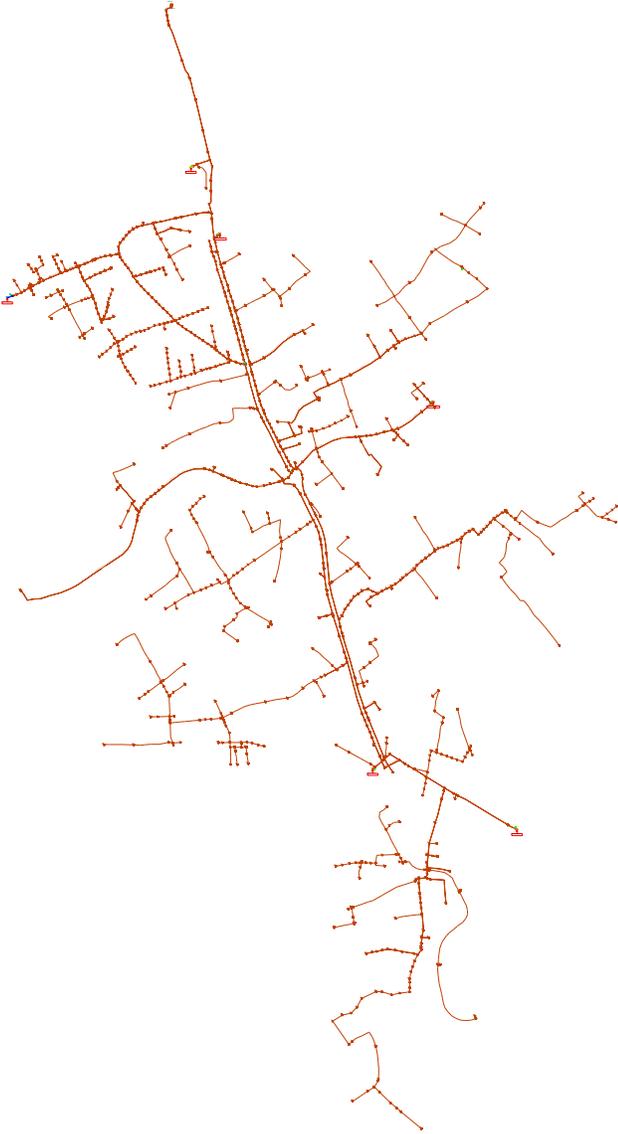
El alimentador Sur tiene un nivel de voltaje de 13,8 KV, su longitud en medio voltaje es de 69.889,00 km, se encuentran instalados 213 transformadores monofásicos y 82 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 295 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 10.905,00 MVA.

Su recorrido lo realiza principalmente por el sector rural, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

En la figura 2.16 se muestra la topología actual del alimentador Sur, y los sectores atendidos por este alimentador.

El alimentador Sur en su totalidad es del tipo Franco Arenoso

**FIGURA 2.16** Topología Alimentador Sur



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

El calibre de conductor es de 2/0 AWG para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

#### **2.6.1.5. Subestación Oriente Alimentador Picaihua. 04-0004-OT-05**

El alimentador Picaihua tiene un nivel de voltaje de 13,8 KV, su longitud en medio voltaje es de 82,277 km, se encuentran instalados 255 transformadores monofásicos y 71 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 326 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 6.919,00 MVA.

**FIGURA 2.17** Topología Alimentador Picaihua



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

El calibre de conductor es de 2/0 AWG para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

Su recorrido lo realiza principalmente por el sector rural, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

En la figura 2.17 se muestra la topología actual del alimentador Picaihua, y los sectores atendidos por este alimentador.

El alimentador Picaihua el 75% del tipo de suelo es del tipo Franco Arenoso y 25% restante del tipo Franco Limoso.

#### ***2.6.1.6. Subestación Pelileo Alimentador Pelileo 09-0009-OT-03***

El alimentador Pelileo tiene un nivel de voltaje de 13,8 KV, su longitud en medio voltaje es de 12,63 km, se encuentran instalados 89 transformadores monofásicos y 208 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 297 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 2.668,00 MVA.

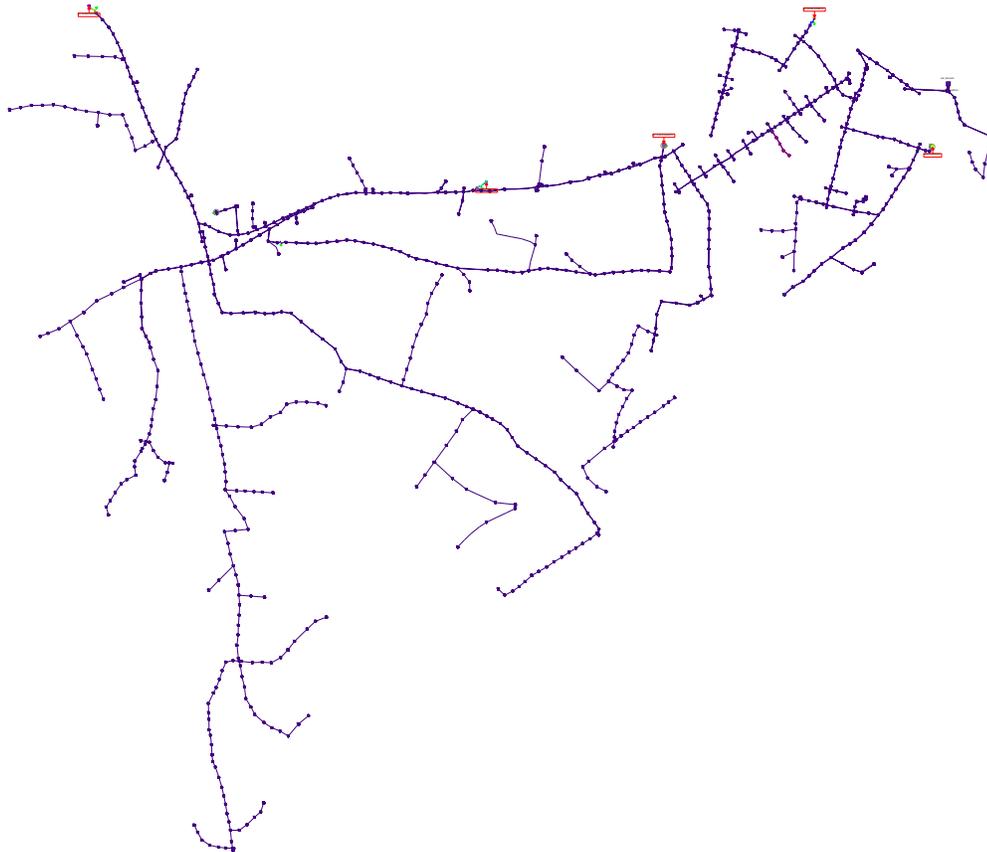
El calibre de conductor es de 4/0 AWG para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

Su recorrido lo realiza principalmente por el sector rural, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

En la figura 2.18 se muestra la topología actual del alimentador Pelileo, y los sectores atendidos por este alimentador.

El alimentador Pelileo se tiene que un 66,66% es del tipo Franco Arenoso y el 33,33% es Franco Limoso.

**FIGURA 2.18** Topología Alimentador Pelileo



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

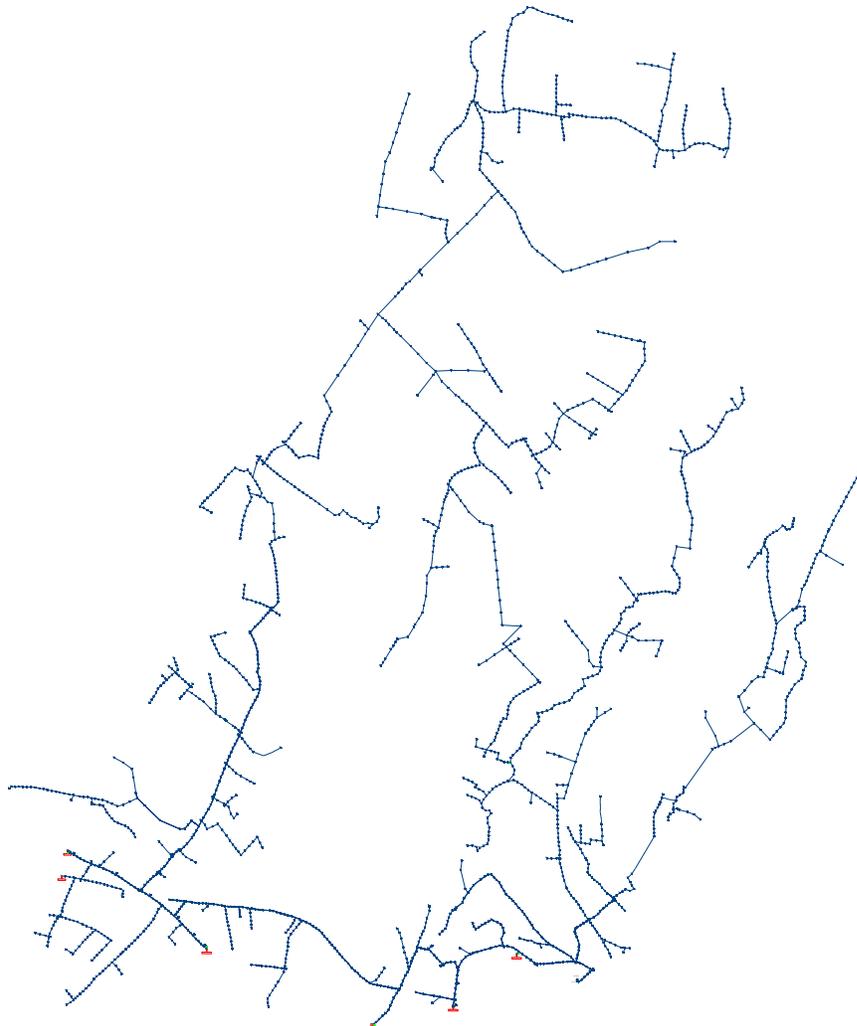
#### ***2.6.1.7. Subestación Pelileo Alimentador Salasaca 09-0009-OT-01***

El alimentador Salasaca tiene un nivel de voltaje de 13,8 KV, su longitud en medio voltaje es de 106,482 km, se encuentran instalados 294 transformadores monofásicos y 22 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 316 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 4.617,5 MVA.

El calibre de conductor es de 2/0 AWG para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

Su recorrido lo realiza principalmente por el sector rural, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

**FIGURA 2.19** Topología Alimentador Salasaca



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

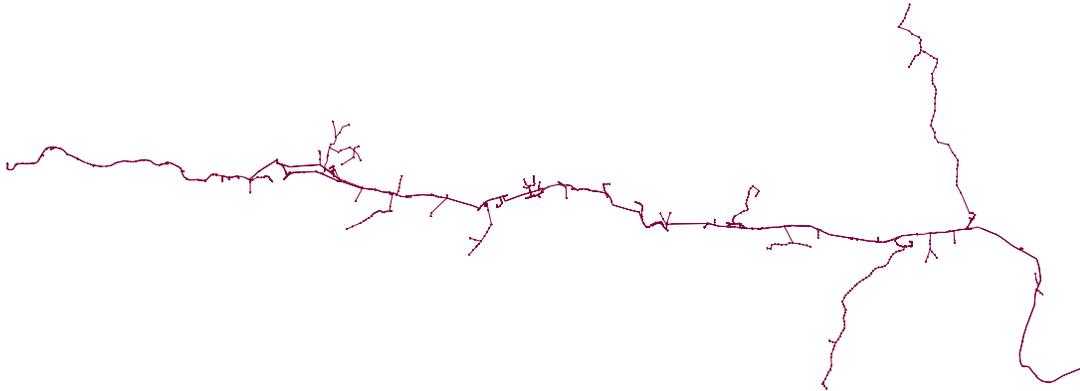
En la figura 2.19 se muestra la topología actual del alimentador Salasaca, y los sectores atendidos por este alimentador.

Los casos de los alimentadores Salasaca, Pelileo y Rio Verde el 100% del suelo es Franco Rocoso.

#### **2.6.1.8. Subestación Baños Alimentador Rio Verde 11-00011-OT-01**

El alimentador Rio Verde tiene un nivel de voltaje de 13,8 KV, su longitud en medio voltaje es de 79,552 km, se encuentran instalados 139 transformadores monofásicos y 15 transformadores trifásicos de distribución, dando así un total de 154 transformadores instalados. La potencia instalada en este alimentador es de 2.810,00 MVA.

**FIGURA 2.20** Topología Alimentador Rio Verde



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

El calibre de conductor es de 4/0 AWG para las troncales principales y de 1/0 AWG para los ramales trifásicos, en cambio para los ramales monofásicos se disminuye el calibre del conductor a 2 AWG.

Su recorrido lo realiza principalmente por el sector rural, la carga de este alimentador es en su mayoría residencial, esto se evidencia en la cantidad de transformadores monofásicos y trifásicos existentes.

En la figura 2.20 se muestra la topología actual del alimentador Rio Verde, y los sectores atendidos por este alimentador.

**TABLA 2.14** Análisis de suelos en los diferentes sectores

ITEM	S/E	ALIMENTADOR	MUESTRA	# POSTE	REFERENCIA	HUMEDAD GRAVIMETRICA	TEXTURA				PH	OBSERVACIONES
							ARE IIA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASE TEXTURAL		
1	SAMANAGA	CUNCHIBAMBA	O92	128627	S/E	9,95	47	44	9	FRANCO	NEUTRO	ESTUDIO DE SUELO
			-	172454	4083	-	-	-	-	FRANCO	NEUTRO	ASUMIDO
			O101	264596	3682	10,35	48	42	10	FRANCO	NEUTRO	ESTUDIO CE SUELO
2	ATOCHA	AV. AMERICA	O95	13393	3547	13,59	53	40	7	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
			-	13489	1206	-	-	-	-	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ASUMIDO
			O102	91444	7737	15,60	51	41	8	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
			-	17266	6025	-	-	-	-	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ASUMIDO
			O96	11952	7337	6,52	43	50	7	FRANCO LIMOSO	NEUTRO	ESTUDIO CE SUELO
3	HUACHI	PASA	O103	21165	6803	6,39	53	35	12	FRANCO LIMOSO		
			O90	25926	3208	6,36	51	38	11	FRANCO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO ESTUDIO DE SUELO
			O91	115112	4190	56,37	33	54	13	FRANCO LIMOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
			-	122485	646	-	-	-	-	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ASUMIDO
4	MONTALVO	SUR	-	98256	6679	-	-	-	-	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ASUMIDO
			O104	97772	6359	6,85	52	40	8	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
			O99	23542	4285	2	63	36	1	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO CE SUELO

5	ORIENTE	PICAIIHUA	O93	37231	5006	3,42	63	27	10	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
			-	142219	366	-	-	-	-	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ASUMIDO
			-	36826	2935	-	-	-	-	FRANCO LIMOSO	NEUTRO	ASUMIDO
			O94	155862	501	3,83	59	38	3	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
			O105	75083	7540	3,95	60	36	4	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO CE SUELO
6	PELILEO	PE LILE 0	O98	64180	2473	3,12	71	26	3	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
				129214	2714	-	-	-	-	FRANCO LIMOSO	NEUTRO	ASUMIDO
				110323	6238	-	-	-	-	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ASUMIDO
7	PELILEO	SALASACA	O97	63582	6069	17,07	53	40	7	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
				166261	3904	-	-	-	-	FRANCO LIMOSO	NEUTRO	ASUMIDO
			O106	164794	408	4,97	59	37	4	FRANCO ARENOSO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
8	BAÑOS	RIO VERDE	O100	97691	21360	43,85	41	38	21	FRANCO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
			O107	159164	4875	45,63	56	29	15	FRANCO	NEUTRO	ESTUDIO DE SU ELO
				154441	586	-	-	-	-	FRANCO LIMOSO	NEUTRO	ASUMIDO

**Fuente:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

**Elaborado por:** Grupo Investigador

**TABLA 2.15** Valores de la resistividad medida en los alimentadores

ITEM	S/E	ALIMENTADOR	MEDIDA	REFERENCIA # POSTE	REFERENCIA # TRAFIO	RESISTIVIDAD ACTUAL ( $\Omega$ m)	OBSERVACIONES
1	SAMANGA	CUNCHBAMBA	1	128627	S/E	372,53	MEDIDO Y CALCULADO
			2	172454	4083	38,67	MEDIDO Y CALCULADO
			3	264596	3682	205,6	PROMEDIO
2	ATOCHA	AV. AMERICA	1	13393	3547	270,82	MEDIDO Y CALCULADO
			2	13489	1206	268,27	MEDIDO Y CALCULADO
			3	91444	7737	255,2	PROMEDIO
			4	17266	6025	236,35	MEDIDO Y CALCULADO
			5	11952	7337	245,36	MEDIDO Y CALCULADO
3	HUACHI	PASA	1	21165	6803	34,15	PROMEDIO
			2	25926	3208	52,76	MEDIDO Y CALCULADO
			3	115112	4190	36,38	MEDIDO Y CALCULADO
			4	122485	646	13,32	MEDIDO Y CALCULADO
4	MONTALVO	SUR	1	98256	6679	174,39	MEDIDO Y CALCULADO
			2	97772	6359	171,80	PROMEDIO
			3	23542	4285	169,21	MEDIDO Y CALCULADO
5	ORIENTE	PICAHUA	1	37231	5006	33,71	MEDIDO Y CALCULADO
			2	142219	366	45,36	MEDIDO Y CALCULADO
			3	36826	2935	40,1	PROMEDIO
			4	155862	501	35,96	MEDIDO Y CALCULADO
			5	75083	7540	45,36	MEDIDO Y CALCULADO
6	PELILEO	PELILEO	1	64180	2473	144,74	MEDIDO Y CALCULADO
			2	129214	2714	195,95	MEDIDO Y CALCULADO
			3	110323	6238	170,35	PROMEDIO
7	PELILEO	SALASACA	1	63582	6069	91,65	MEDIDO Y CALCULADO
			2	166261	3904	103,42	PROMEDIO
			3	164794	408	115,19	MEDIDO Y CALCULADO
8	BAÑOS	RIO VERDE	1	97691	21360	540,18	MEDIDO Y CALCULADO
			2	159164	4875	773,525	PROMEDIO
			3	154441	586	1006,87	MEDIDO Y CALCULADO

**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

**TABLA 2.16:** Valores actuales medidos de las Resistencia de puesta a tierra

RESUMEN DE RESISTENCIAS DE SPTCON ELECTRODOS ACTUALES						
ITEM	S/E	ALIMENTADOR	PUNTO	REFERENCIA # POSTE	REFERENCIA # TRAFO	RESISTENCIA (Ω)
1	SAMANAGA	CUNCHIBAMBA	1	128627	S/E	56,76
			2	172454	4083	49,94
			3	264596	3662	40,51
2	ATOCHA	AV. AMERICA	1	13393	3547	NO HAY SPT
			2	13489	1206	NO HAY SPT
			3	91444	7737	69,64
			4	158349	6025	93,27
			5	11952	7337	128,9
3	HUACHI	PASA	1	21163	4415	108,7
			2	25926	3208	20,69
			3	115112	4190	43,71
			4	122485	6416	79,4
4	MONTALVO	SUR	1	23512	9138	32,38
			2	97772	6359	68,44
			3	98256	6679	163,6
5	ORIENTE	PICAIHUA	1	37231	5006	NO HAY SPT
			2	142219	366	54,89
			3	36824	2935	174,4
			4	155862	501	24,72
			5	75083	7540	25,29
6	PELILEO	PEULEO	1	64180	2473	105,1
			2	129214	2714	170,5
			3	110323	6238	51,31
7	PELILEO	SALASACA	1	63582	6069	58,74
			2	166261	3904	126,8
			3	164794	408	31,61
8	BAÑOS	RIO VERDE	1	97691	21360	241
			2	159164	4875	100,8
			3	154441	586	68,63

**Fuente:** Grupo Investigador  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA PARA MEJORAR LAS PUESTAS A TIERRA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

Los sistemas de distribución son propensos a fallas, produciendo condiciones anormales de operación, poniendo en riesgo el sistema eléctrico y seres vivos a su alrededor; razón por la cual, los sistemas de puesta a tierra deben ser correctamente diseñados, cumpliendo parámetros que garanticen el correcto funcionamiento y así poder controlar estos eventos.

El aporte del presente trabajo es dar a conocer el estado actual de los sistemas de puesta a tierra y proponer el mejoramiento de los mismos, mediante el análisis técnico, criterios de diseño y la selección óptima del sistema de puesta a tierra en los alimentadores pertenecientes a la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

#### **3.1. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA**

##### **3.1.1. GENERAL**

Realizar un estudio del sistema de puesta a tierra, de la red eléctrica actual y establecer los criterios para el dimensionamiento de las puestas a tierra en las líneas y redes primarias de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

### **3.1.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar las características del suelo y su resistividad en los lugares por los cuales atraviesan los sistemas de distribución en estudio, y proponer un tratamiento de mejoras de la resistividad del suelo.
- Determinar la resistencia de puesta a tierra mediante cálculos y verificar mediante mediciones realizadas en sitio.
- Definir los costos de materiales y mano de obra para el mantenimiento y construcción de puestas a tierra.

## **3.2. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

### **3.2.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA**

De los valores de corriente de cortocircuito, entregados por la EEASA, el grado de descargas atmosféricas existentes en las zonas de estudio y sobrevoltajes por cierre o apertura de interruptores, se desprende que es necesario la existencia de puestas a tierra a lo largo del recorrido de todos y cada uno de los alimentadores existentes y por construir de la EEASA.

El recorrido en su mayoría lo realiza siguiendo las vías de acceso existentes en los centros urbanos y en área rural aprovecha vías o en su defecto cruzan a campo traviesa; lo que permite disponer de espacios suficientes para la implantación de los sistemas de puesta a tierra.

### **3.2.2. FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

En base a un estudio de mercado, y a las consultas realizadas a personeros de la EEASA, el costo de un sistema de puesta a tierra mediante varillas es bajo frente al beneficio que presta, ya que resulta sumamente económico el contar con un buen sistema de puesta a tierra antes que cambiar un transformador quemado o un equipo de protección por no contar con una buena referencia.

### **3.2.3. FACTIBILIDAD OPERACIONAL.**

En las encuestas efectuadas al personal de la EEASA se determinó que no se efectúan mantenimientos periódicos debido a que no son accesibles al sitio sobre todo en el área urbana y donde existen cámaras de transformación, por lo que en el presente trabajo se propone instalar las puestas a tierra de tal manera que sean accesibles para su mantenimiento en cualquier tiempo, además se plantea un programa de mantenimiento periódico de los mismos.

## **3.3. PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE PUESTAS A TIERRA.**

### **3.3.1. REQUERIMIENTO DE LA PROPUESTA.**

El presente estudio, requiere datos iniciales para el correcto análisis, los cuales serán tomados en campo, calculados y proporcionados por la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

La resistividad y la resistencia del suelo, serán datos medidos en sitio, con equipos y métodos apropiados pertenecientes a la EEASA. Descritos en el capítulo anterior.

La corriente de cortocircuito y tiempo de despeje de la falla, serán datos proporcionado por la Empresa Eléctrica Ambato S.A. para cada alimentador.

### **3.3.2. NORMATIVA DE REFERENCIA**

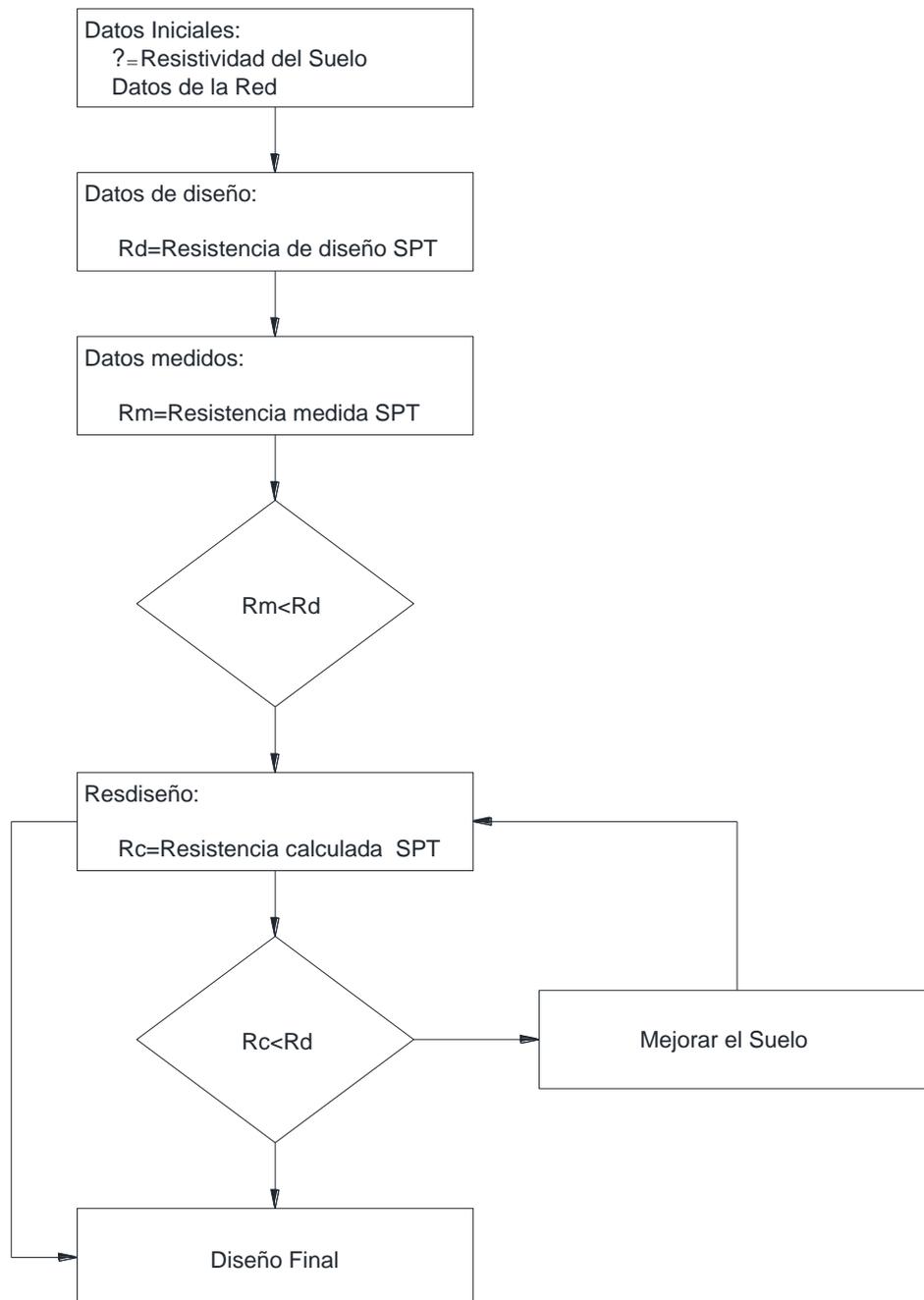
Con el fin de proponer un diseño óptimo de sistemas de puesta a tierra, se ha creído conveniente, sustentar teóricamente en normas, reglamentos y procedimientos técnicos, en vigencia internacionalmente.

Por lo expuesto, se considera las siguientes referencias:

- IEEE Std 80-2000
- Reglamento de seguridad NEC

- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), Colombia
- Otras publicaciones (ANSI, IEC)

**3.3.3. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE PUESTA A TIERRA.**



### **3.3.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

En base a los datos obtenidos mediante mediciones y cálculos realizados se determinó que las resistencias de puestas a tierra en su mayoría no cumplen con los valores establecidos en la norma de la empresa, por lo que con fin de mejorar los valores tanto de resistividad del suelo así como la resistencia de puesta a tierra, se propone el siguiente procedimiento:

1. Datos iniciales: resistividad del suelo.
2. Criterios de Diseño: Resistencia de puesta tierra máxima que debe tener un alimentador.
3. Medición de resistividad del suelo: Utiliza método de Wenner.
4. Diagnóstico actual: Con los valores medidos en sitio, se compara si la resistencia de puesta a tierra actual satisface la resistencia de diseño.
5. Rediseño del sistema de puesta a tierra: Si el valor medido en la puesta a tierra no cumple con las normas establecidas, se rediseña utilizando criterios apropiados.
6. Cálculo de la resistencia de puesta a tierra: Se determina la nueva resistencia de puesta a tierra calculada.
7. Diagnóstico calculado: Se compara si la resistencia de puesta a tierra calculada cumple con la resistencia de diseño.
8. Diseño final: Si todos los valores medidos y calculados satisfacen los criterios de diseño.

#### **3.3.4.1. Datos iniciales**

Con los valores tabulados en la tabla 3,1 las corrientes de cortocircuito determinadas por el Departamento de Operación y Mantenimiento de la EEASA se procedieron a calcular los calibres mínimos de los conductores para los sistemas de puesta a tierra.

**TABLA 3.1** Corriente de corto circuito falla fase tierra

<b>Icc ft máximas de cada alimentador EEASA para el cálculo de la Sección del conductor recomendado</b>				
<b>Alimentador</b>	<b>CODIGO</b>	<b>ICC ft Max Amp</b>	<b>S mm<sup>2</sup></b>	<b>Calibre del Conductor</b>
CUNCHIBAMBA	01-0001-0T-02	2026	12,55	2
AV. AMERICA	01-0002-0T-05	1196,21	7,41	2
PICAIHUA	01-0004-0T-05	1913	11,85	2
PASA	01-0007-0T-02	1017,75	6,3	2
SUR	01-0006-0T-04	1162	7,2	2
PELILEO	01-0009-0T-03	3228	20	2
SALASACA	01-0009-0T-01	1732,28	10,73	2
RIO VERDE	01-0011-0T-01	1593	9,87	2

**Fuente:** DOM EEASA

**Elaborado por:** Grupo Investigador

De los valores encontrados se determina que para sistemas de distribución es suficiente utilizar conductores de cobre calibre No. 2

Sin embargo, con el fin de asegurar los sistemas de puesta a tierra sobre todo en los centros de transformación en poste o en cámara, utilizando la impedancia de cortocircuito de los transformadores se determinó la corriente máxima de cortocircuito en estos centros y en base a esta corriente se determina el calibre del conductor que debe instalarse de acuerdo a las potencias de éstos.

En las tablas No. 3.2 y 3.3, se muestran las corrientes de cortocircuito y los calibres mínimos a instalarse en los transformadores monofásicos y trifásicos

**TABLA 3.2** Calibre de conductores para puestas a tierra en base a la Icc de transformadores monofásicos calculado en base las impedancias del transformador.

<b>Icc en Transformadores Monofásicos y Sección mínima de conductor de Cu desnudo para SPT</b>			
<b>Potencia CT-1f</b>	<b>ICC</b>	<b>Smm2</b>	<b>Calibre del Conductor</b>
3	833,33	5,16	2
5	1388,89	8,6	2
10	2777,78	17,21	2
15	4166,67	25,81	2
25	6944,44	43,02	1/0
30	8333,33	51,62	1/0
37,5	10416,67	64,53	2/0
50	13888,89	86,04	3/0
75	20833,33	129,06	250
100	27777,78	172,07	350

**Fuente:** Grupo Investigador

**Elaborado por:** Grupo Investigador

Para la Tabla 3.2, se utilizó las siguientes ecuaciones:

Monofásico:

$$I_{cc} = \frac{100000 * S}{V * Z} \quad (A)$$

Ecuación 3.1

Trifásica:

$$I_{cc} = \frac{100000 * S}{\sqrt{3} * V * Z} \quad (A)$$

Ecuación 3.2

**TABLA 3.3** Calibre de conductores para puestas a tierra en base a la Icc de transformadores trifásicos

<b>Icc en Transformadores Trifásicos y Sección mínima de conductor de Cu desnudo para SPT</b>			
<b>Potencia CT-3f</b>	<b>ICC</b>	<b>Smm2</b>	<b>Calibre del Conductor</b>
15	1312,16	8,13	2
30	2624,32	16,26	2
50	4373,87	27,09	2
75	6560,8	40,64	1/0
100	8747,73	54,19	1/0
112,5	9841,2	60,96	2/0
125	10934,66	67,74	2/0
150	13121,6	81,28	3/0
200	17495,46	108,38	250
250	21869,33	135,47	300
300	26243,19	162,57	350
350	30617,06	189,66	400
400	34990,93	216,76	500
500	43738,66	270,95	600
600	52486,39	325,14	750
750	65607,99	406,42	1000
1000	87477,31	541,89	1000

**Fuente:** Grupo Investigador

**Elaborado por:** Grupo Investigador

#### **3.3.4.2. Criterios de Diseño**

Las normas de la EEASA establecen que la resistencia de puesta a tierra en los alimentadores de distribución debe ser menor a  $25\Omega$ .

#### **3.3.4.3. Mejora de la resistividad del suelo**

Una vez efectuadas las mediciones de resistividad se encontró que existen sitios posibles de mejora de resistencia de puesta a tierra. Utilizando las siguientes combinaciones.

Cuando la resistividad de los suelos no presentó valores altos se utilizó combinaciones de una varilla, una varilla más contrapeso, una varilla y doble

contrapeso. Este procedimiento era posible siempre y cuando el espacio físico lo permitía. Otro arreglo necesario fue el colocar tres varillas y contrapeso.

Únicamente en el sector de Rio Verde que es una zona rocosa y al disponer del espacio suficiente se efectuó un sistema de puesta a tierra con disposición G2-5.

En los sitios donde la resistividad del suelo estaba comprendida entre los 100 y 200  $\Omega$ -m, a más de utilizar la combinación descrita en el capítulo 1, fue necesario el uso de componentes químicos, en este caso al disponer del producto la EEASA, se utilizó la Bentonita, por sus características particulares que absorbe hasta 13 veces su peso la humedad e incrementa este mismo valor su volumen. Además de que su funcionamiento puede durar de dos a tres años, luego de lo cual se debe volver a verter agua.

A la salida de las subestaciones fue necesario la utilización de Gel con base de silicato de aluminio y magnesio, complementados con sales químicas, con este producto químico se logró reducir las resistencia de puesta a tierra a valores entre el 25 % al 80 % del valor original.

Para rellenar los dos productos y atendiendo las recomendaciones del proveedor fue necesario el uso de yeso como material de relleno, el cual fue mezclado con la Bentonita y con el material de la zona logrando así bajar aproximadamente entre 5  $\Omega$ -m a 8  $\Omega$ -m adicionales

Luego de haber realizado un estudio de mercado y consultado con profesionales dedicados al trabajo de mejoras en los sistemas de puesta a tierra se ha determinado que el uso de la bentonita es la mejor alternativa para este cometido por lo que el procedimiento adecuado para la realización correcta de un pozo para puesta a tierra es el siguiente.

Procedimiento:

- Se hace un pozo de 80 cm de profundidad y 80 cm de diámetro.
- Se mezcla la tierra extraída del pozo, con el químico.
- Se rellena el pozo hasta unas tres cuartas partes con la mezcla.

- Se agregan 40 litros de agua en el pozo.
- Se agita la mezcla del pozo sin golpear el electrodo
- Se repone el resto de terreno y se compacta.

Cuando la resistividad del terreno es menor de 47 ohmios por metro ( $\Omega\text{-m}$ ) solo se requiere una varilla de 1,8 metros para una instalación residencial. Para terrenos con resistividades entre de 48 a 126  $\Omega\text{-m}$  se deben adicionar contrapeso, en terrenos con resistividad de 127 a 180  $\Omega\text{-m}$  se incrementa la longitud del contrapeso, si existe resistividad de 181 – 314  $\Omega\text{-m}$  se coloca dos contrapesos en los extremos de la varilla, finalmente, si la resistividad supera los 314  $\Omega\text{m}$  se coloca tres varillas más contrapeso.

En la figura 3.1, figura 3.2 y figura 3.3 se muestra los trabajos realizados en campo para la realización de la puesta a tierra nueva o para mejorar las existentes.

**FIGURA 3.1** Preparación del terreno y colocación de la varilla



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

**FIGURA 3.2** Uso de molde de grafito para la suelda cable varilla.



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

**FIGURA 3.3** Unión Cable varilla con suelda exotérmica.



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

En estos trabajos se atendió las recomendaciones dadas por las normas y por los fabricantes de productos químicos por lo que no se utilizó como material de relleno arena, polvo blanco peor aún la ceniza existente en la zona con el fin de mejorar la resistencia de puesta a tierra.

Solo en algunos casos como en el alimentador Atocha el material excavado fue apropiado por lo que se utilizó como relleno, esto luego de cernir y retirar basuras y grumos.

En los sitios donde había arcilla (lugares donde fabrican ladrillos) se desechó el material con el fin de evitar que se compacte y se vuelva impermeable y permanezca seco el pozo.

#### ***3.3.4.4. Medición de la resistividad mediante el método de Wenner***

Una vez realizado los trabajos de mejoramiento de la resistividad del suelo se procede nuevamente a medir dichos valores utilizando el método de Wenner.

A continuación se describe mediante fotografías las actividades de campo realizadas a fin de verificar las bondades de las mejoras efectuadas

En la figura 3.4 se efectúa la nueva medición de la resistividad una vez realizado la mejora del suelo

**FIGURA 3.4** Medición en campo



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

#### 3.3.4.5. *Determinación de la Resistencia de Puesta a tierra.*

Debido a que en algunos alimentadores no se cumple con la resistencia establecida por la norma, es necesario a más de mejorar el suelo cambiar al configuración de las puesta a tierra utilizando contrapesos y varillas adicionales a más del suelo mejorado, este procedimiento se efectuó en todos los alimentadores para luego determinar la nueva resistencia de puesta a tierra mediante medición directa los cuales se muestran en la tabla 3.4

En la figura 3.5 se muestra la medición de la nueva resistencia de puesta a tierra

**FIGURA 3.5** Medición de la nueva resistencia de la puesta a tierra



**Fuente:** Trabajo de Campo  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

**TABLA 3.4** Nuevos valores de resistencia.

ITEM	S/E	ALIMENTADOR	MEDIDA	REFERENCIA # POSTE	REFERENCIA # TRAF0	RESISTIVIDAD APARENTE (TELUROMETRO) $\Omega m$	DISPOSICION DE LOS SPT CON ELECTRODO	ME / Fjora	OBSERVACIONES
1	SAMANAGA	CUNCHIBAMBA	1	128627	S/E	372.53	G2-4	D / F	CUMPLE
			2	172454	4083	38.67	G2-1	A	CUMPLE
			3	264596	3682	205.60	G2-4	D / F	CUMPLE
2	ATOCHA	AV. AMERICA	1	13393	3547	270.82	G2-4	D / F	CUMPLE
			2	13489	1206	268.27	G2-5	E / F	CUMPLE
			3	91444	7737	255.20	G2-4	D / F	CUMPLE
			4	158349	6025	236.35	G2-2	B	CUMPLE
			5	11952	7337	245.36	G2-4	D / F	CUMPLE
3	HUACHI	PASA	1	21163	4415	34.15	G2-1	A	CUMPLE
			2	25926	3208	52.76	G2-2	B	CUMPLE
			3	115112	4190	36.38	G2-1	A	CUMPLE
			4	122485	6416	13.32	G2-1	A	CUMPLE
4	MONTALVO	SUR	1	23512	9138	174.39	G2-3	C	CUMPLE
			2	97772	6359	171.80	G2-3	C	CUMPLE
			3	98256	6679	169.21	G2-4	D / F	CUMPLE

5	ORIENTE	PICAIIHUA	1	37231	5006	33.71	G2-1	A	CUMPLE
			2	142219	366	45.36	G2-1	A	CUMPLE
			3	36824	2935	40.10	G2-1	A	CUMPLE
			4	155862	501	35.96	G2-1	A	CUMPLE
			5	75083	7540	45,36	G2-1	A	CUMPLE
6	PELILEO	PELILEO	1	64180	2473	144.74	G2-3	C	CUMPLE
			2	129214	2714	195.95	G2-4	D / F	CUMPLE
			3	110323	6238	170.35	G2-3	C	CUMPLE
7	PELILEO	SALASACA	1	63582	6069	91.65	G2-2	B	CUMPLE
			2	166261	3904	103.42	G2-2	B	CUMPLE
			3	164794	408	115.19	G2-3	C	CUMPLE
8	BANOS	RIO VERDE	1	97691	21360	540.18	G2-5	E / F	CUMPLE
			2	159164	4875	552.28	G2-5	E / F	CUMPLE
			3	154441	586	564.39	G2-5	E / F	CUMPLE
Nota: Todas las uniones fueron realizadas con sveda exotérmica									

**Fuente:** Grupo Investigador  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

- A: Puesta a tierra nueva con una varilla
- B: Puesta a tierra con contrapeso de 3,5 m
- C: Puesta a tierra con contrapeso de 7 m
- D: Puesta a tierra con una varilla y doble contrapeso
- E: Tres varillas y doble contrapeso
- F: Mejoramiento de Suelo

## **3.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **3.4.1. CONCLUSIONES**

- La resistividad del terreno es un factor importante en la resistencia de puesta a tierra de ahí que altos valores de resistividad obligan a realizar tratamientos químicos que disminuyan su valor.
- El procedimiento llevado a cabo en el presente trabajo puede ser replicado en todos los alimentadores de la EEASA y en cualquier sistema de distribución en general.
- En los recorridos se pudo determinar que el 90 % de los sistemas de puesta a tierra se encuentran sin conexión o en malas condiciones.
- Los terrenos en la provincia del Tungurahua presentan alto grado de resistividad, debido a que son arenosos y secos
- No existe un programa de mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra
- Los suelos en análisis en su gran parte son flojos y faltos de compactación, los mismos que provocan no tener un buen contacto entre la varilla y el suelo o tierra.
- Las corrientes de cortocircuito juegan un papel importante en la selección del conductor a tierra.
- De los cálculos realizados se concluye que para las puestas a tierra en los alimentadores de distribución es suficiente el uso del conductor de cobre de calibre No. 2
- Para Cámaras de transformación y transformadores de potencias superiores a 100 kVA, se debe realizar estudios más preciso a fin de determinar las corrientes de cortocircuito y determinar el calibre adecuado

### 3.4.2. *RECOMENDACIONES*

- Se recomienda replicar el presente trabajo en el resto de alimentadores
- Se debe aplicar un plan de mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra
- Las mediciones de la resistividad se debe realizar varias veces para no cometer errores que afecten el cálculo de la resistencia.
- Las Uniones o juntas de los SPT, se los debe realizar con suelda exotérmica ya sean estas cable-cable, cable-varilla, ya que del trabajo de campo se desprende que las uniones hechas mediante conector no han dado los resultados esperados.
- Cuando se trate el suelo con productos químicos y en general cuando se perfore para realizar una puesta a tierra es importante que se realice un buen compactado del suelo
- Una vez realizado un sistema de puesta a tierra obligatoriamente se debe realizar mediciones de los nuevos valores de resistencia
- Se recomienda tener un archivo histórico de cada alimentador sus resistencia, resistividad del terreno, fechas y otros de cada SPT que se encuentra en el sistema.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA CONSULTADA

- IEEE Std 80-2000, Guide for Safety in AC Substations Grounding.
- OSPINA, Flavio Casas (2008) “Tierras soporte de la seguridad eléctrica”.  
Editorial: Seguridad eléctrica Ltda., Colombia.
- DHARMAWIDJAJA, Jorge. (2006) “Medida de la resistividad del terreno”.  
Universidad de Chile, Chile
- Normas EPM RA06-15.: (2005) “Medida de la resistencia de puesta a tierra”, Colombia.
- PROCOBRE.: “La puesta a Tierra”. México, Unidad 4.
- GARCÍA, M. Rogelio. (1999) “La puesta a tierra en instalaciones eléctricas”. Editorial: Marcombo, s. a., España.
- Tecsup Virtu@1, Instalación de Puesta a Tierra, unidad 1.
- CASAS, O. Favio: (2008) “Tierras soporte de la seguridad eléctrica”.  
Editorial: Seguridad eléctrica Ltda., Colombia.
- MIÑO, William y FREIRE, Luigi. (2011) “Análisis y simulación del sistema de puesta a tierra en transformadores de distribución en el alimentador 01cv13b1s1-oriental de la subestación 01cv el calvario de ELEPCO S.A.” Ecuador.
- PADILLA, Gustavo.: (1985) “Efecto de las variaciones de la resistividad del suelo en el dimensionamiento de alimentadores primarios de distribución aérea con múltiples puestas a tierra” Ecuador.
- Empresa Eléctrica Ambato S.A. (2010) “Manual de Guías De Diseño Parte III-B Redes Aéreas” Ambato, Ecuador
- Empresa Eléctrica Ambato S.A. (2012) “Archivo Seminario Ecuatoriano de Distribución de Energía Eléctrica” Ambato, Ecuador

## Web grafía

- Aproximación a un Sistema de Puesta a Tierra, European Copper Institute, <http://www.eurocopper.org>
- Instrumento de Aprendizaje en Sistemas de Conexión a Tierra. <http://www.cecalc.ula.ve/sct>
- <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/EE05704M.pdf>

- <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>
- <http://www.scribd.com/doc/16835086/Evaluacion-de-Sistemas-de-Puesta-a-Tierra-en-Sistemas-de-Distribucion>
- <http://www.voltimum.es/catalog/fam/REE-/101/105/REE-ITC18/faml/Puesta-a-tierra ITC-BT-18.html>
- <http://www.amc.com/products/spanish%20pdfs/450.100-SP.pdf>
- <http://www.biddlermegger.com/biddle-ug/DET2.pdf>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_suministro\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_suministro_el%C3%A9ctrico)
- Análisis de Sistemas de Potencia, **John J. Grainger & William D. Stevenson Jr.** Priale 21 abril 2013 Electrónica
- [https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/proveedores\\_y\\_contratistas/normas\\_y\\_especificaciones/normas\\_aereas/grupo\\_6\\_Normas\\_de\\_montajes\\_complementarios/RA6-015MEDIDADERESISTENCIA\\_V3.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/normas_aereas/grupo_6_Normas_de_montajes_complementarios/RA6-015MEDIDADERESISTENCIA_V3.pdf)
- <http://sistemapuestatierra.blogspot.com/2009/07/constitucion-de-una-puesta-tierra.html>
- <http://www.monografias.com/trabajos14/conexiontierra/conexiontierra.shtml>
- <http://sistemapuestatierra.blogspot.com/2009/08/medida-de-resistencia-de-puesta-tierra.html>
- <http://es.slideshare.net/tocuyaniando/sistemas-de-puesta-a-tierra-para-los-sistemas-de-telecomunicaciones>
- <http://es.slideshare.net/rolandotencio/buenas-practicas-manejo-del-suelo>
- <http://www.fluke.com/fluke/mxes/soluciones/resistencia-de-tierra/m%C3%A9todo-de-resistividad-de-suelos.htm>
- [www.wseas.us/e-library/conferences/.../498-283.pdf](http://www.wseas.us/e-library/conferences/.../498-283.pdf)

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

### Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Cunchibamba

MEDICION DE LA RESISTENCIA ACTUAL DE LOS SPT CON ELECTRODO DE LA EEASA												
SUBESTACIÓN :		SAMANGA		FECHA: 05-06-2012								
ALIMENTADOR :		CUNCHIBAMBA		HORA: 8am/18pm				CLIMA: HUMEDO				
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			RESISTENCIA (Ω) EXISTENTE	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)									
1	12867	S/E	-	56.76	15 Ω	31C	9.95	Franco	G2-1	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	
2	172454	4083	10	49.94	18 Ω	27°C	9.82	Franco	G2-1	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	
3	164596	8697	37.5	40.51	19 Ω	28°C	9.97	Franco	G2-1	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON SUELDA EXOTERMICA Y GEL)																
SUBESTACION:		SAMANGA				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 12-10-2012				
ALIMENTADOR:		CUNCHIBAMBA										HORA:08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) EXISTENTE	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	128627	S/E		3	122	122	124	244	243	244	56.76	15.8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	31° C	9.95
2	227	1907	45	1	121	120	122	240	241	241	36.08	13.2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	9.82
3	264596	8697	37.5	1	122	121	122	241	242	242	40.51	13.1	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	9.97

**Fuente:** Grupo Investigador  
**Elaborado por:** Grupo Investigador

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELO)																
SUBESTACION:											FECHA: 09-10-2012					
ALIMENTADOR:		VOLTAJES MEDIDOS (V)									HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω)ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	128627	S/E		3	122	122	124	244	243	244	56.76	21.2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	31° C	9.95
2	227	1907	45	1	121	120	122	240	241	241	36.08	19.3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	9.82
3	264596	8697	37.5	1	122	121	122	241	242	242	40.51	17.4	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	9.97

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-1 de la EEASA colocando la varilla mediante golpe

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-1 DE LA EEASA (COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:		SAMANGA									FECHA: 06-10-2013					
ALIMENTADOR:		CUNCHIBAMBA				VOLTAJES MEDIDOS (V)					HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1 -N	VF2 -N	VF3 -N	VF1- F2	VF1- F3	VF2- F3	RESISTENCIA(Ω)A NTIGUA	RSISTEN CIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO VARILLA DE	°T	HUMED AD
	POST E #	REFEREN CIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	128627	S/E		3	122	122	124	244	243	244	56.76	23.8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	31° C	9.95
2	227	1907	45	1	121	120	122	240	241	241	36.08	22.5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	9.82
3	264596	8697	37.5	1	122	121	122	241	242	242	40.51	21.2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	9.97

Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Avenida América

MEDICION DE LA RESISTENCIA ACTUAL DE LOS SPT CON ELECTRODO DE LA EEASA												
SUBESTACION:	ATOCHA			FECHA: 11-06-2012								
ALIMENTADOR:	AV. AMERICA			HORA: 08am/ 18pm						CLIMA: CALIDO		
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			REFERENCIA (Ω) EXISTENTE	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)									
1	13393	3547	45	SIN CONECCION		26°C	13.59	Franco Arenoso		PINZA PARA MEDIR LOS SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	
2	13489	1206	15	SIN CONECCION		23°C	13.54	Franco Arenoso		PINZA PARA MEDIR LOS SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	
3	91444	7737	30	69.64	20 Ω	27°C	13.56	Franco Arenoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR LOS SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	
4	17266	6025	50	93.27	19 Ω	26°C	6.55	Franco Limoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR LOS SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	
5	11952	7337	50	128.9	17 Ω	24°C	6.52	Franco Limoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR LOS SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 mtrs	

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA(CON SUELDA EXOTERNICA Y GEL)																	
SUBESTACION:		ATOCHA				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 18-07-2012					
ALIMENTADOR:		AV. AMERICA										HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA ANTIGUA (Ω)	RSISTENCIA NUEVA(Ω)	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD	
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES													
1	13393	3547	45	3	120	121	120	241	240	241	SIN CONECCION	12,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	13.59	
2	13489	1206	15	1	122	121	123	243	245	244	SIN CONECCION	13,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	13.54	
3	91444	7737	30	1	123	122	124	245	247	246	59.64	13,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	13.56	
4	17266	6025	50	3	125	123	122	248	247	245	93.27	17,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.55	
5	11952	7337	50	3	124	121	124	245	248	245	128.9	19,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	24° C	6.52	

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA(CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELO)																
SUBESTACION:											FECHA: 15-07-2012					
ALIMENTADOR:		VOLTAJES MEDIDOS (V)									HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA ANTIGUA (Ω)	RSISTENCIA NUEVA(Ω)	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	13393	3547	45	3	120	121	120	241	240	241	SIN CONECCION	16,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	13.59
2	13489	1206	15	1	122	121	123	243	245	244	SIN CONECCION	17,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	13.54
3	91444	7737	30	1	123	122	124	245	247	246	59.64	18,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	13.56
4	17266	6025	50	3	125	123	122	248	247	245	93.27	22,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.55
5	11952	7337	50	3	124	121	124	245	248	245	128.9	22,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	24° C	6.52

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-1 de la EEASA colocando la varilla mediante golpe

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-1 DE LA EEASA(COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:											FECHA: 12-07-2012					
ALIMENTADOR:		VOLTAJES MEDIDOS (V)									HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω)ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	13393	3547	45	3	120	121	120	241	240	241	SIN CONECCION	29,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	13.59
2	13489	1206	15	1	122	121	123	243	245	244	SIN CONECCION	31,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	13.54
3	91444	7737	30	1	123	122	124	245	247	246	59.64	33,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	13.56
4	17266	6025	50	3	125	123	122	248	247	245	93.27	40,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.55
5	11952	7337	50	3	124	121	124	245	248	245	128.9	55,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	24° C	6.52

Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Pasa

SUBESTACIÓN: ALIMENTADOR:	HUACHI		FECHA: 15-06-2012								CLIMA: CALIDO	
	PASA		HORA: 08am/18pm									
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			REFERENCIA EXISTENTE (Ω)	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)									
1	21163	4415	50	108.7	18Ω	33°C	6.36	Franco	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	
2	25926	3208	25	20.69	20Ω	26°C	6.35	Franco	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	
3	115112	4196	10	43.71	22Ω	21°C	56.37	Franco Limoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	
4	122274	646	30	79.4	19Ω	26°C	6.41	Franco	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE EEASA (CON SUELDA EXOTERMICA Y GEL)																
SUBESTACION:											FECHA: 14-08-2012					
ALIMENTADOR:		VOLTAJES MEDIDOS (V)									HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	21165	4415	50	3	122	124	124	245	244	242	108.7	20,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	33° C	6.36
2	25926	3208	25	1	123	122	122	244	242	241	20.69	8,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.35
3	115112	4196	10	1	121	124	122	242	241	243	43.71	13,6	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	21° C	56.37
4	122485	6416	50	3	123	125	124	241	242	243	79.4	18,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.41

**TABLA N° 1:**

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE EEASA (CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELO)																
SUBESTACION:		HUACHI									FECHA:		11-08-2012			
ALIMENTADOR:		PASA									VOLTAJES MEDIDOS (V)		HORA:08am-18pm			
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	21165	4415	50	3	122	124	124	245	244	242	108.7	27,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	33° C	6.36
2	25926	3208	25	1	123	122	122	244	242	241	20.69	12	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.35
3	115112	4196	10	1	121	124	122	242	241	243	43.71	16,8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	21° C	56.37
4	122485	6416	50	3	123	125	124	241	242	243	79.4	22,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.41

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-1 de la EEASA colocando la varilla mediante golpe

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE EEASA (COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:		HUACHI				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 08-08-2012				
ALIMENTADOR:		PASA										HORA:08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	21165	4415	50	3	122	124	124	245	244	242	108.7	36,6	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	33° C	6.36
2	25926	3208	25	1	123	122	122	244	242	241	20.69	20,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.35
3	115112	4196	10	1	121	124	122	242	241	243	43.71	22,6	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	21° C	56.37
4	122485	6416	50	3	123	125	124	241	242	243	79.4	28,9	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	6.41

Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Picaihua.

ESTADO ACTUAL DE LOS SPT CON ELECTRODO DE LA EEASA												
SUBESTACION:	ORIENTE			FECHA: 25-06-2012								
ALIMENTADOR:	PICAHUA			HORA: 8am/18pm								CLIMA: CALIDO
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			REFERENCIA (Ω) EXISTENTE	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)									
1	37231	5006	75	SIN RESISTENCIA		20°C	3.12	Franco Arenoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	
2	142219	366	15	58.22	23Ω	28°C	3.45	Franco Arenoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	
3	36824	2935	15	174.4	19Ω	28°C	3.46	Franco Arenoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	
4	155862	501	15	24.72	20Ω	26°C	3.83	Franco	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	
5	75083	7540	30	25.29	22Ω	24°C	3.81	Franco	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.	

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON SUELDA EXOTERMICA Y GEL)																
SUBESTACION:							FECHA: 21-09-2012									
ALIMENTADOR:		PICAHUA					VOLTAJES MEDIDOS (V)					HORA:08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA ANTIGUA (Ω)	RESISTENCIA NUEVA (Ω)	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	37231	5006	75	3	124	123	123	245	244	242	SIN RESISTENCIA	13,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	20° C	3.12
2	142219	366	15	1	120	121	120	240	241	240	58.22	15,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	3.45
3	36826	2935	5	1	120	120	121	240	241	241	174.4	21	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	3.46
4	155862	501	15	1	122	121	120	242	242	241	24.72	9	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	3.83
5	75083	7540	30	1	123	122	123	242	243	242	25.29	10,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	24° C	3.81

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELO)																
SUBESTACION:							FECHA: 18-09-2012									
ALIMENTADOR:		VOLTAJES MEDIDOS (V)					HORA:08am/18pm									
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA ANTIGUA (Ω)	RESISTENCIA NUEVA (Ω)	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	37231	5006	75	3	124	123	123	245	244	242	SIN RESISTENCIA	16,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	20° C	3.12
2	142219	366	15	1	120	121	120	240	241	240	58.22	18,9	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	3.45
3	36826	2935	5	1	120	120	121	240	241	241	174.4	24	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	3.46
4	155862	501	15	1	122	121	120	242	242	241	24.72	12,6	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	3.83
5	75083	7540	30	1	123	122	123	242	243	242	25.29	12,9	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	24° C	3.81

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-1 DE LA EEASA (COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:		ORIENTE									FECHA: 15-09-2012					
ALIMENTADOR:		PICAHUA									HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VOLTAJES MEDIDOS (V)						RESISTENCIA ANTIGUA ( $\Omega$ )	RESISTENCIA NUEVA ( $\Omega$ )	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES	VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3						
1	37231	5006	75	3	124	123	123	245	244	242	SIN RESISTENCIA	26,8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	20° C	3.12
2	142219	366	15	1	120	121	120	240	241	240	58.22	29,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	3.45
3	36826	2935	5	1	120	120	121	240	241	241	174.4	32,6	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	3.46
4	155862	501	15	1	122	121	120	242	242	241	24.72	19,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	3.83
5	75083	7540	30	1	123	122	123	242	243	242	25.29	21,1	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	24° C	3.81

Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Pelileo.

ESTADO ACTUAL DE LOS SPT CON ELECTRODO DE LA EEASA												
SUBESTACIÓN :	PELILEO			FECHA: 29-06-2012								
ALIMENTADOR:	PELILEO			HORA: 8am/18pm							CLIMA: CALIDO	
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			REFERENCIA (Ω) EXISTENTE	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)									
1	64180	2473	10	105.1	20Ω	31°C	3.12	Franco Arenoso	G2-1	PINSA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWEL D 5/8 x 1,8 m.	
2	129214	2714	15	174.4	19Ω	29°C	3.14	Franco Arenoso	G2-1	PINSA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWEL D 5/8 x 1,8 m.	
3	116323	6238	15	51.31	17Ω	34°C	3.14	Franco Arenoso	G2-1	PINSA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWEL D 5/8 x 1,8 m.	

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA(CON SUELDA EXOTERMICA Y GEL)																
SUBESTACION:		PELILEO				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 08-09-2012				
ALIMENTADOR:		PELILEO				VOLTAJES MEDIDOS (V)						HORA:08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RSISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	64180	2473	10	1	121	120	121	240	241	242	105.1	17,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	31° C	3.12
2	110323	6238	15	1	122	121	122	242	242	241	174.4	19,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	29° C	3.14
3	163398	9115	30	1	122	123	122	243	244	242	51.31	10,8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	34° C	3.14

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA(CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELO)																
SUBESTACION:		PELILEO				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 05-09-2012				
ALIMENTADOR:		PELILEO				VOLTAJES MEDIDOS (V)						HORA:08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RSISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	64180	2473	10	1	121	120	121	240	241	242	105.1	22,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	31° C	3.12
2	110323	6238	15	1	122	121	122	242	242	241	174.4	25,8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	29° C	3.14
3	163398	9115	30	1	122	123	122	243	244	242	51.31	19,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	34° C	3.14

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-1 de la EEASA colocando la varilla mediante golpe

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA(COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:		VOLTAJES MEDIDOS (V)									FECHA: 02-09-2012					
ALIMENTADOR:											HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RSISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	64180	2473	10	1	121	120	121	240	241	242	105.1	29,9	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	31° C	3.12
2	110323	6238	15	1	122	121	122	242	242	241	174.4	33,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	29° C	3.14
3	163398	9115	30	1	122	123	122	243	244	242	51.31	25,8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	34° C	3.14

Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Salasaca.

ESTADO ACTUAL DE LOS SPT CON ELECTRODO DE LA EEASA													
SUBESTACION:		VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 02-07-2012					
ALIMENTADOR:								HORA: 8am/18pm		CLIMA: CALUROSO			
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			REFERENCIA (Ω) EXISTENTE	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA A TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES	
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)										
1	63582	6069	30	59.58	17Ω	26°C	17.07	Franco Limoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.		
2	64192	3904	25	126.8	19Ω	23°C	17.05	Franco Limoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.		
3	164794	408	25	31.61	18Ω	23°C	17.1	Franco Limoso	G2-1	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.		

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON SUELDA EXOTERMICA Y GEL)																
SUBESTACION:		PELILEO									FECHA:		01-10-2012			
ALIMENTADOR:		SALASACA									HORA:		08am/18pm			
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	63582	6069	30	1	122	123	121	240	241	242	59.58	19,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	17.07
2	166261	2237	25	1	120	121	120	241	242	241	126.8	23,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	17.05
3	164794	408	25	1	121	122	122	241	242	242	31.61	13,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	17.1

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA(CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELO)																
SUBESTACION:		PELILEO									FECHA:		29-09-2012			
ALIMENTADOR:		SALASACA									HORA:		08am/18pm			
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	63582	6069	30	1	122	123	121	240	241	242	59.58	25,1	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	17.07
2	166261	2237	25	1	120	121	120	241	242	241	126.8	30,19	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	17.05
3	164794	408	25	1	121	122	122	241	242	242	31.61	21,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	17.1

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-1 de la EEASA colocando la varilla mediante golpe

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-1 DE LA EEASA(COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:											FECHA: 26-09-2012					
ALIMENTADOR:		VOLTAJES MEDIDOS (V)									HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	63582	6069	30	1	122	123	121	240	241	242	59.58	35,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	26° C	17.07
2	166261	2237	25	1	120	121	120	241	242	241	126.8	42,4	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	17.05
3	164794	408	25	1	121	122	122	241	242	242	31.61	25,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	23° C	17.1

Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Sur

ESTADO ACTUAL DE LOS SPT CON ELECTRODO DE LA EEASA														
SUBESTACION:		MONTALVO									FECHA: 20-06-2012			
ALIMENTADOR:		SUR									HORA: 8am/18pm		CLIMA: TEMPLADO	
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			REFERENCIA EXISTENTE (Ω)	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA A TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES		
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)											
1	23512	9138	100	32.31	18Ω	29°C	2.29	Franco Arenoso	G2-2	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.			
2	97772	6359	15	68.44	20Ω	30°C	2.35	Franco Arenoso	G2-2	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.			
3	98208	6679	30	163.6	22Ω	34°C	2.39	Franco Arenoso	G2-2	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.			

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON SUELDA EXOTONOCA Y GEL)																
SUBESTACION:		MONTALVO				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 25/08/2012				
ALIMENTADOR:		EL SUR										HORA: 08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	98256	6679	30	1	121	122	122	240	241	240	32.31	11,35	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	29° C	2.29
2	97772	6359	15	1	120	122	121	242	241	242	68.44	16,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	30° C	2.35
3	23542	9138	100	3	122	124	123	244	243	242	163.6	18,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	34° C	2.39

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELO)																
SUBESTACION:		MONTALVO				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 22-08-2012				
ALIMENTADOR:		EL SUR										HORA: 08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	98256	6679	30	1	121	122	122	240	241	240	32.31	16,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	29° C	2.29
2	97772	6359	15	1	120	122	121	242	241	242	68.44	19,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	30° C	2.35
3	23542	9138	100	3	122	124	123	244	243	242	163.6	23,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	34° C	2.39

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-1 de la EEASA colocando la varilla mediante golpe

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:							FECHA: 19-08-2012									
ALIMENTADOR:		VOLTAJES MEDIDOS (V)					HORA: 08am-18pm									
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	98256	6679	30	1	121	122	122	240	241	240	32.31	21,3	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	29° C	2.29
2	97772	6359	15	1	120	122	121	242	241	242	68.44	24,1	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	30° C	2.35
3	23542	9138	100	3	122	124	123	244	243	242	163.6	30,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	34° C	2.39

Medición de Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra Alimentador Rio Verde

SUBESTACION:							FECHA: 06-07-2012							
ALIMENTADOR:		RIO VERDE					HORA: 8am/18pm			CLIMA: HÚMEDO				
ITEM	PUNTO DE MEDICIÓN			REFERENCIA EXISTENTE (Ω)	RESISTENCIA MEDIDA CON NUEVO SPT	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD	TEXTURA	TIPO DE PUESTA A TIERRA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	OBSERVACIONES		
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)											
1	S/N	2237	5	210.3	19Ω	30°C	43.85	Franco	G2-4	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.			
2	93699	4874	30	100.8	18Ω	27°C	42.2	Franco	G2-4	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.			
3	S/E	7167	30	70.83	20Ω	26°C	44.7	Franco	G2-4	PINZA PARA MEDIR UN SPT	COPPERWELD 5/8 x 1,8 m.			

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con suelda exotérmica y gel

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON SUELDA EXOTERMICA Y GEL)																
SUBESTACION:		BANOS									FECHA: 29-07-2012					
ALIMENTADOR:		RIO VERDE									FECHA: 08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VOLTAJES MEDIDOS (V)						RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO VARILLA DE	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES	VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3						
1	97691	21360	5	1	122	122	121	244	243	244	210.3	30,25	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	30° C	43.85
2	159164	4875	10	1	123	121	122	243	242	241	100.8	28,5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	42.2
3	154441	586	37,5	1	121	122	122	241	243	242	70.83	23,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	44.7

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-2 de la EEASA con conector y gel de mejoramiento de suelo

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (CON CONECTOR Y GEL DE MEJORAMIENTO DE SUELDA)																
SUBESTACION:		BANOS									FECHA: 26-07-2012					
ALIMENTADOR:		RIO VERDE									HORA:08am/18pm					
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VOLTAJES MEDIDOS (V)						RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO VARILLA DE	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES	VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3						
1	97691	21360	5	1	122	122	121	244	243	244	210.3	36,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	30° C	43.85
2	159164	4875	10	1	123	121	122	243	242	241	100.8	33,8	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	42.2
3	154441	586	37,5	1	121	122	122	241	243	242	70.83	29,2	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	44.7

Tipos de Sistema de Puesta a Tierra utilizando la disposición G2-1 de la EEASA colocando la varilla mediante golpe

TIPOS DE PUESTA A TIERRA UTILIZANDO LA DISPOSICION G2-2 DE LA EEASA (COLOCANDO LA VARILLA MEDIANTE GOLPE)																
SUBESTACION:		BANOS				VOLTAJES MEDIDOS (V)						FECHA: 23-07-2012				
ALIMENTADOR:		RIO VERDE										HORA:08am/18pm				
ITEM	PUNTO DE MEDICION				VF1-N	VF2-N	VF3-N	VF1-F2	VF1-F3	VF2-F3	RESISTENCIA (Ω) ANTIGUA	RESISTENCIA (Ω) NUEVA	EQUIPO	TIPO DE VARILLA	°T	HUMEDAD
	POSTE #	REFERENCIA	POTENCIA (KVA)	# DE FASES												
1	97691	21360	5	1	122	122	121	244	243	244	210.3	54.20	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	30° C	43.85
2	159164	4875	10	1	123	121	122	243	242	241	100.8	43.5	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	27° C	42.2
3	154441	586	37,5	1	121	122	122	241	243	242	70.83	35.6	PINZA DE UN SPT	COPPERWELD 5/8x1.8m	28° C	44.7

Resistividad del terreno Alimentador Cunchibamba

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO					
METODO WENNER					
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
<b>SUBESTACION:</b>	SAMANGA				
<b>ALIMENTADOR:</b>	CUNCHIBAMBA				
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	SUBESTACION				
<b>DIRECCION:</b>	PARQUE INDUSTRIAL				
<b>FECHA:</b>	05/10/2012				
<b>HORA:</b>	11:00 AM				
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO				
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA				
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER				
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER					
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)
1	1,52	0,2	20,5	201,56	236,35
2	3	0,2	18,3	347,61	
3	4,57	0,2	5,7	164,22	
4	1,52	0,4	18,7	198,13	
5	3	0,4	17,8	345,68	
6	4,57	0,4	5,53	160,89	

Resistividad del terreno Alimentador Cunchibamba

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	SAMANGA					
<b>ALIMENTADOR:</b>	CUNCHIBAMBA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 4083					
<b>DIRECCION:</b>	PANAMERICANA VIA AMBATO					
<b>FECHA:</b>	06/10/2012					
<b>HORA:</b>	9:00 AM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	LLUVIOSO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	4,47	43,95	38,67	
2	3	0,2	1,87	35,52		
3	4,57	0,2	1,23	35,44		
4	1,52	0,4	4,3	45,56		
5	3	0,4	1,81	35,15		
6	4,57	0,4	1,25	36,37		

Resistividad del terreno Alimentador Avenida América

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	ATOCHA					
<b>ALIMENTADOR:</b>	AV. AMERICA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 6025					
<b>DIRECCION:</b>	AVENIDA AMERICA					
<b>FECHA:</b>	09/10/2012					
<b>HORA:</b>	10:00 AM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	8,28	81,41	96,94	
2	3	0,2	5	94,98		
3	4,57	0,2	3,85	110,92		
4	1,52	0,4	8,04	85,19		
5	3	0,4	4,85	94,19		
6	4,57	0,4	3,95	114,92		

Resistividad del terreno Alimentador Avenida América

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	ATOCHA					
<b>ALIMENTADOR:</b>	AV.AMERICA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 1206					
<b>DIRECCION:</b>	AV.AMERICA					
<b>FECHA:</b>	10/10/2012					
<b>HORA:</b>	11:00 AM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	3,02	29,69	268,27	
2	3	0,2	15,4	292,53		
3	4,57	0,2	11,9	342,84		
4	1,52	0,4	29,8	315,74		
5	3	0,4	14,7	285,48		
6	4,57	0,4	11,8	343,32		

Resistividad del terreno Alimentador Pasa

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECON DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	HUACHI					
<b>ALIMENTADOR:</b>	PASA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 646					
<b>DIRECCION:</b>	PASA					
<b>FECHA:</b>	13/10/2012					
<b>HORA:</b>	2:00 PM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	HUMEDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	0,63	6,19	13,32	
2	3	0,2	0,68	12,92		
3	4,57	0,2	0,69	19,88		
4	1,52	0,4	0,7	7,42		
5	3	0,4	0,66	12,82		
6	4,57	0,4	0,71	20,66		

Resistividad del terreno Alimentador Pasa

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECON DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	HUACHI					
<b>ALIMENTADOR:</b>	PASA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 3208					
<b>DIRECCION:</b>	HUACHI GRANDE					
<b>FECHA:</b>	15/10/2012					
<b>HORA:</b>	10:00 AM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	6,64	65,29	52,76	
2	3	0,2	2,54	48,25		
3	4,57	0,2	1,51	43,5		
4	1,52	0,4	6,27	66,43		
5	3	0,4	2,56	49,72		
6	4,57	0,4	1,49	43,35		

Resistividad del terreno Alimentador Pasa

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSEJON DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	HUACHI					
<b>ALIMENTADOR:</b>	PASA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 4190					
<b>DIRECCION:</b>	HUACHI CHICO					
<b>FECHA:</b>	16/10/2012					
<b>HORA:</b>	1:00 PM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	HUMEDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	7,48	73,54	36,38	
2	3	0,2	0,7	13,3		
3	4,57	0,2	0,7	20,17		
4	1,52	0,4	7,24	76,71		
5	3	0,4	0,73	14,18		
6	4,57	0,4	0,7	20,37		

Resistividad del terreno Alimentador El Sur

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	MONTALVO					
<b>ALIMENTADOR:</b>	EL SUR					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 4285					
<b>DIRECCION:</b>	AVENIDA MONTALVO					
<b>FECHA:</b>	20/10/2012					
<b>HORA:</b>	10:00 PM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	20,1	197,63	169,21	
2	3	0,2	8,4	159,56		
3	4,57	0,2	5,2	149,81		
4	1,52	0,4	19,3	204,49		
5	3	0,4	8,3	161,19		
6	4,57	0,4	4,9	142,56		

Resistividad del terreno Alimentador El Sur

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	MONTALVO					
<b>ALIMENTADOR:</b>	EL SUR					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 6679					
<b>DIRECCION:</b>	AVENIDA MONTALVO					
<b>FECHA:</b>	25/10/2012					
<b>HORA:</b>	11:00 AM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	13	127,82	174,39	
2	3	0,2	8,7	165,26		
3	4,57	0,2	7,8	224,72		
4	1,52	0,4	12,7	134,56		
5	3	0,4	8,6	167,01		
6	4,57	0,4	7,8	226,94		

Resistividad del terreno Alimentador Picaihua

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECON DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	ORIENTE					
<b>ALIMENTADOR:</b>	PICAIHUA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 5006					
<b>DIRECCION:</b>	PICAIHUA					
<b>FECHA:</b>	26/10/2012					
<b>HORA:</b>	9:00 AM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	TEMPLADO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	5,64	55,45	33,71	
2	3	0,2	1,1	20,89		
3	4,57	0,2	1,01	29,1		
4	1,52	0,4	5,39	57,11		
5	3	0,4	0,98	19,03		
6	4,57	0,4	0,71	20,66		

Resistividad del terreno Alimentador Picaihua

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECON DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	ORIENTE					
<b>ALIMENTADOR:</b>	PICAIHUA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 501					
<b>DIRECCION:</b>	PICAIHUA					
<b>FECHA:</b>	28/10/2012					
<b>HORA:</b>	9:00 AM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	HUMEDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,15	3,38	32,82	35,96	
2	3	0,15	1,8	34,08		
3	4,57	0,15	1,7	48,91		
4	1,52	0,3	3,19	32,42		
5	3	0,3	1,71	32,79		
6	4,57	0,3	1,2	34,72		

Resistividad del terreno Alimentador Pelileo

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO					
METODO WENNER					
<b>PROYECTO:</b>		DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECCION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
<b>SUBESTACION:</b>		PELILEO			
<b>ALIMENTADOR:</b>		PELILEO			
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>		TRANSFORMADOR # 2714			
<b>DIRECCION:</b>		PELILEO			
<b>FECHA:</b>		01/11/2012			
<b>HORA:</b>		11:00 AM			
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>		TEMPLADO			
<b>REALIZADO POR :</b>		ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA			
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>		TELUROMETRO MEGGER			
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER					
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	ρ promedio a la profundidad (B) total (Ωm)	Resistividad total (Ωm)
1	1,52	0,2	1,1	10,82	195,95
2	3	0,2	14,97	284,36	
3	4,57	0,2	10,3	296,74	
4	1,52	0,4	1,2	12,71	
5	3	0,4	14,92	289,75	
6	4,57	0,4	9,67	281,34	

Resistividad del terreno Alimentador Pelileo

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO					
METODO WENNER					
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
<b>SUBESTACION:</b>	PELILEO				
<b>ALIMENTADOR:</b>	PELILEO				
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 2473				
<b>DIRECCION:</b>	PELILEO ENTRADA A QUERO				
<b>FECHA:</b>	04/11/2012				
<b>HORA:</b>	2:00 PM				
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO				
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA				
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER				
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER					
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)
1	1,52	0,15	18,2	176,74	144,74
2	3	0,15	7,64	144,64	
3	4,57	0,15	3,98	114,5	
4	1,52	0,3	17,6	178,89	
5	3	0,3	7,51	144	
6	4,57	0,3	3,79	109,64	

Resistividad del terreno Alimentador Salasaca

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSEJON DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	PELILEO					
<b>ALIMENTADOR:</b>	SALASACA					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 408					
<b>DIRECCION:</b>	SALASACA					
<b>FECHA:</b>	06/11/2012					
<b>HORA:</b>	1:00 PM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	1,1	10,82	115,19	
2	3	0,2	11,8	224,14		
3	4,57	0,2	4,15	119,56		
4	1,52	0,4	1	10,6		
5	3	0,4	10,9	211,68		
6	4,57	0,4	3,93	114,34		

Resistividad del terreno Alimentador Salasaca

PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO					
METODO WENNER					
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
<b>SUBESTACION:</b>	PELILEO				
<b>ALIMENTADOR:</b>	SALASACA				
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 6069				
<b>DIRECCION:</b>	BARRIO EL ROSARIO SALASACA				
<b>FECHA:</b>	10/11/2012				
<b>HORA:</b>	11:00 AM				
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	TEMPLADO				
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA				
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER				
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER					
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)
1	1,52	0,2	9,46	93,01	91,65
2	3	0,2	4,51	85,67	
3	4,57	0,2	3,16	91,04	
4	1,52	0,4	9,6	101,72	
5	3	0,4	4,47	86,81	
6	4,57	0,4	3,15	91,65	

Resistividad del terreno Alimentador Rio Verde

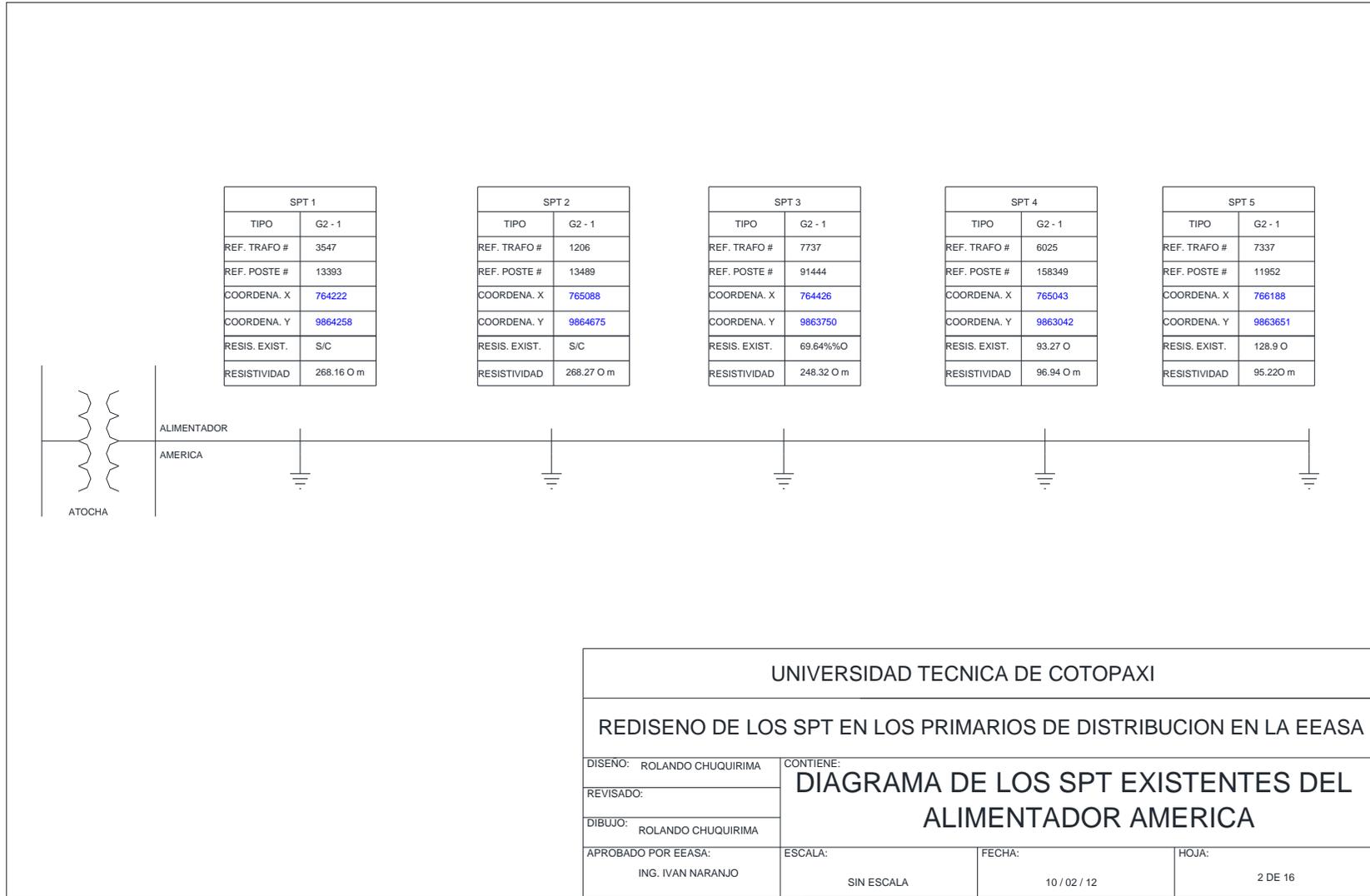
PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO						
METODO WENNER						
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSECCION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
<b>SUBESTACION:</b>	BANOS					
<b>ALIMENTADOR:</b>	RIO VERDE					
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 21360					
<b>DIRECCION:</b>	BANOS					
<b>FECHA:</b>	12/11/2012					
<b>HORA:</b>	2:00 PM					
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO					
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA					
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER					
RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER						
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)	
1	1,52	0,2	60,5	594,85	540,18	
2	3	0,2	25	474,88		
3	4,57	0,2	17,1	492,65		
4	1,52	0,4	62	656,91		
5	3	0,4	24,3	471,91		
6	4,57	0,4	18,9	549,89		

Resistividad del terreno Alimentador Rio Verde

<b>PROTOCOLO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO</b>					
<b>METODO WENNER</b>					
<b>PROYECTO:</b>	DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO DE PUESTA A TIERRA EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION DE LA EMPRESAELECTRICA S.A.EN LA ZONA DE CONSESION DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
<b>SUBESTACION:</b>	BANOS				
<b>ALIMENTADOR:</b>	RIO VERDE				
<b>REFERENCIA DE PRUEBA:</b>	TRANSFORMADOR # 586				
<b>DIRECCION:</b>	VIA BANOS PRIMER TUNEL				
<b>FECHA:</b>	14/11/2012				
<b>HORA:</b>	2:00 PM				
<b>CONDICIONES CLIMATICAS:</b>	CALIDO				
<b>REALIZADO POR :</b>	ROLANDO CHUQUIRIMA Y GABRIEL QUIMBITA BORJA				
<b>INSTRUMENTO UTILIZADO:</b>	TELUROMETRO MEGGER				
<b>RESISTIVIDAD DE TERRENO METODO WENNER</b>					
Medida	A (Distancia entre el electrodo ) m	B (Profundidad del electrodo) m	Lectura del Teluometro Resistencia (ohms )	$\rho$ promedio a la profundidad (B) total ( $\Omega$ m)	Resistividad total ( $\Omega$ m)
1	1,52	0,2	168,2	1653,77	1006,87
2	3	0,2	57	1082,72	
3	4,57	0,2	28,3	815,33	
4	1,52	0,4	54,6	578,51	
5	3	0,4	54,2	1052,57	
6	4,57	0,4	29,5	858,29	

# **ANEXO B**

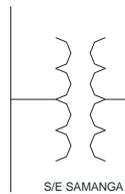
## DIAGRAMAS UNIFILARES



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO:	<b>DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTES DEL ALIMENTADOR AMERICA</b>		
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12	HOJA: 2 DE 16



SPT 1	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	S/E
REF. POSTE #	128627
COORDENA. X	762631
COORDENA. Y	9880395
RESIS. EXIST.	56.76 O
RESISTIVIDAD	511.29 O m

SPT 2	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	4083
REF. POSTE #	172454
COORDENA. X	767479
COORDENA. Y	9874261
RESIS. EXIST.	49.94 %%O
RESISTIVIDAD	38.67 O m

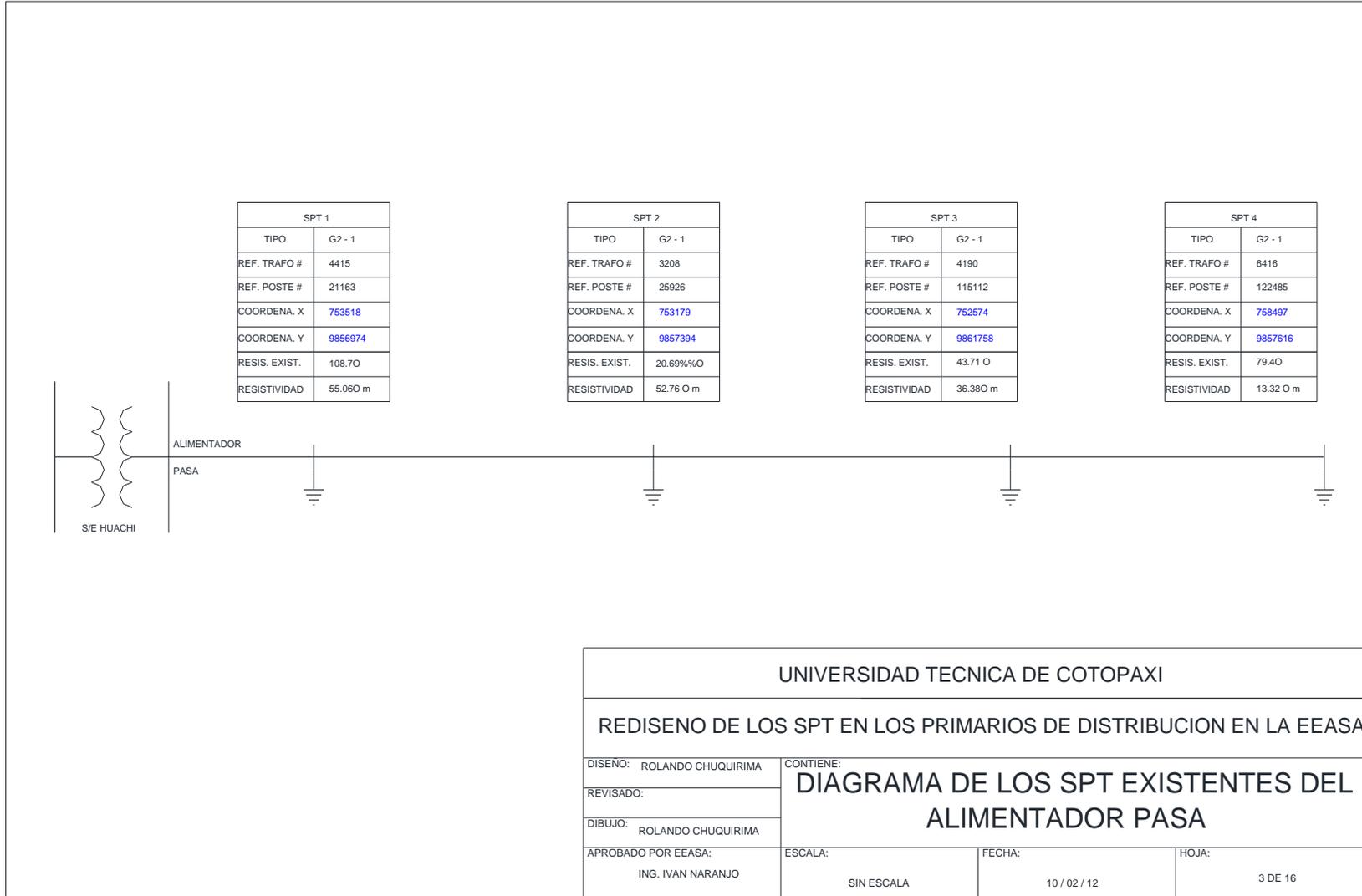
SPT 3	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	3682
REF. POSTE #	92164
COORDENA. X	770470
COORDENA. Y	9879594
RESIS. EXIST.	40.51 O
RESISTIVIDAD	38.67 O m



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

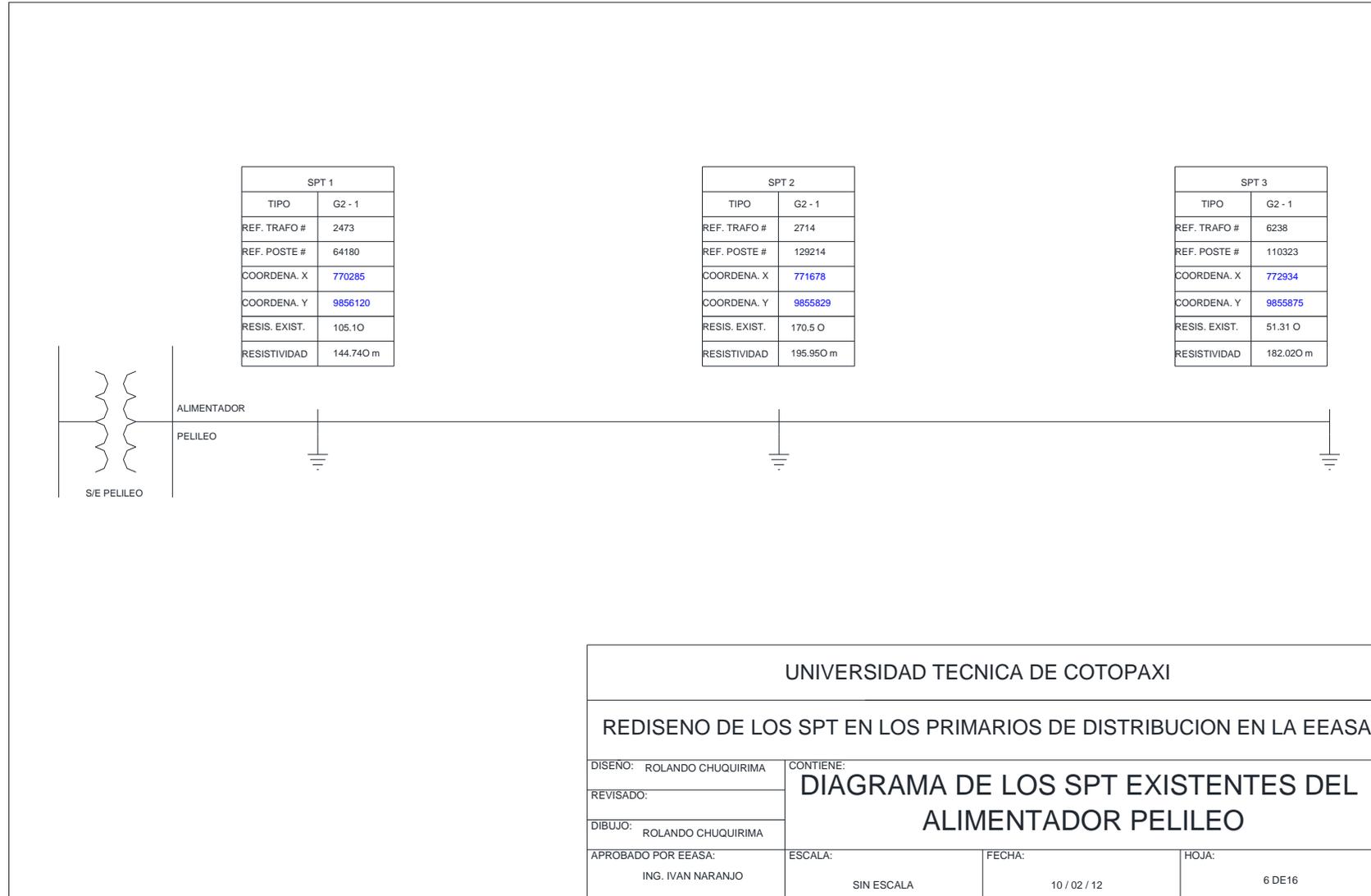
DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO:	<b>DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTE DEL ALIMENTADOR CUNCHIBAMBA</b>		
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12	HOJA: 1 DE 16



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA		CONTIENE:	
REVISADO:		<b>DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTES DEL ALIMENTADOR PASA</b>	
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO		ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12
		HOJA: 3 DE 16	



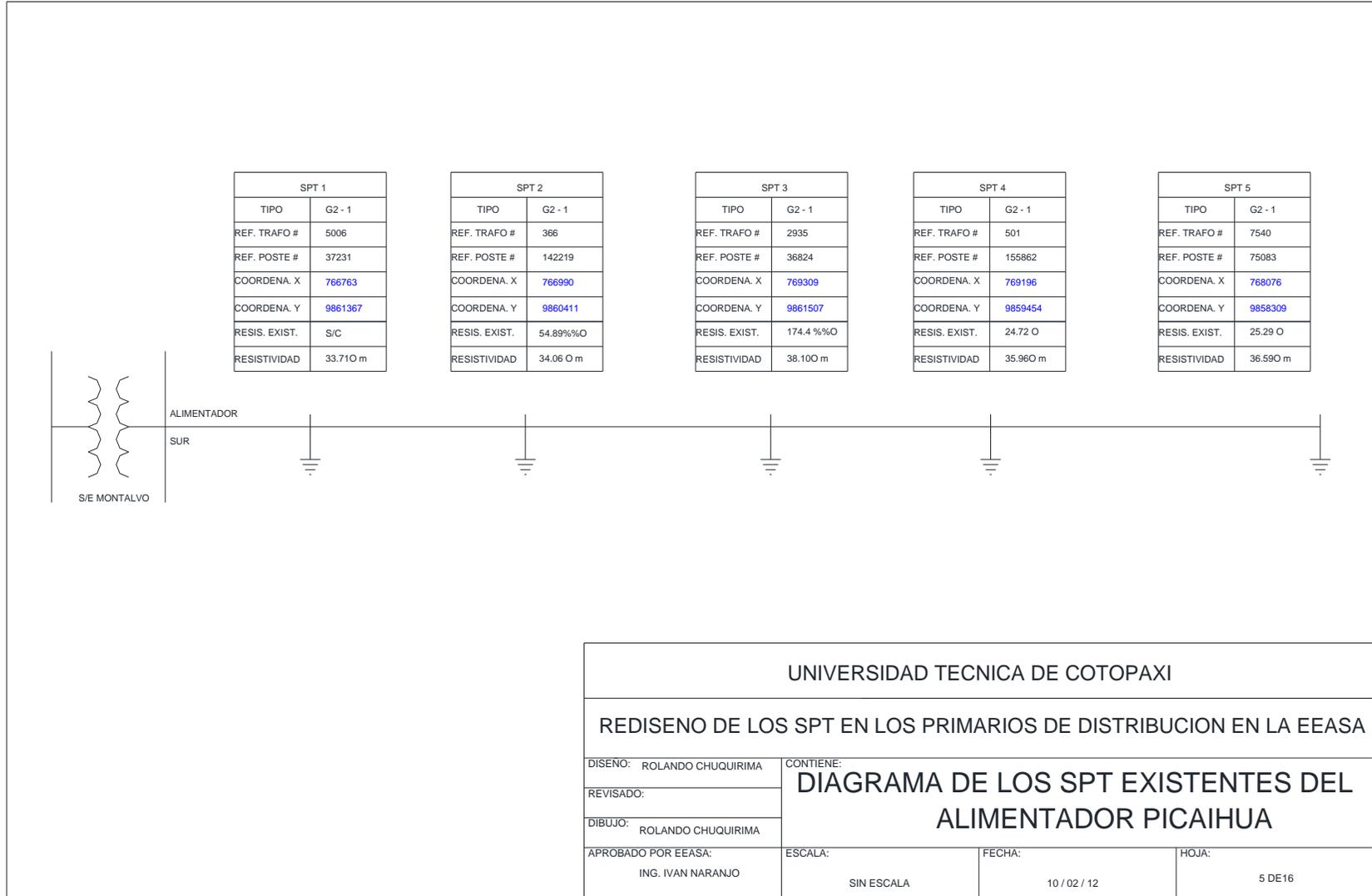
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 REVISADO:  
 DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 APROBADO POR EEASA:  
 ING. IVAN NARANJO

CONTIENE:  
**DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTES DEL ALIMENTADOR PELILEO**

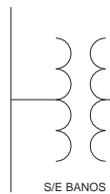
ESCALA: SIN ESCALA  
 FECHA: 10 / 02 / 12  
 HOJA: 6 DE 16



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA REVISADO: DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE: <b>DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTES DEL ALIMENTADOR PICAIHUA</b>		
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12	HOJA: 5 DE 16



SPT 1	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	21360
REF. POSTE #	97691
COORDENA. X	814621
COORDENA. Y	9840154
RESIS. EXIST.	241 O
RESISTIVIDAD	540.180 m

SPT 2	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	4875
REF. POSTE #	159164
COORDENA. X	792672
COORDENA. Y	9845595
RESIS. EXIST.	100.8 O
RESISTIVIDAD	496.150 m

SPT 3	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	586
REF. POSTE #	154441
COORDENA. X	787961
COORDENA. Y	9846252
RESIS. EXIST.	68.63 O
RESISTIVIDAD	115.190 m

ALIMENTADOR  
RIO VERDE



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISEÑO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA

CONTIENE:

REVISADO:

**DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTE DEL  
ALIMENTADOR RIO VERDE**

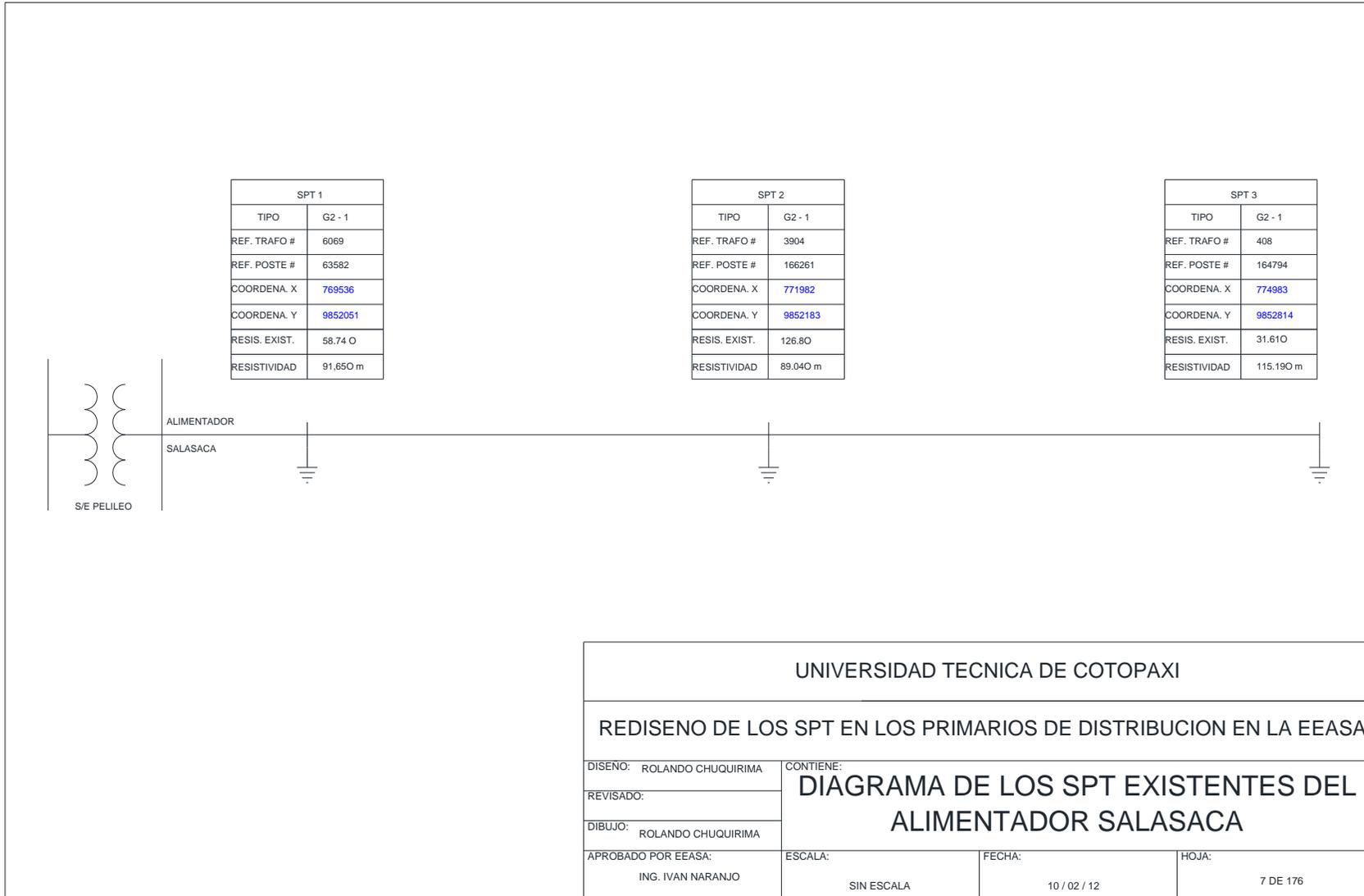
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA

APROBADO POR EEASA:  
ING. IVAN NARANJO

ESCALA:  
SIN ESCALA

FECHA:  
10 / 02 / 12

HOJA:  
8 DE 16



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISENO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 REVISADO:  
 DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA

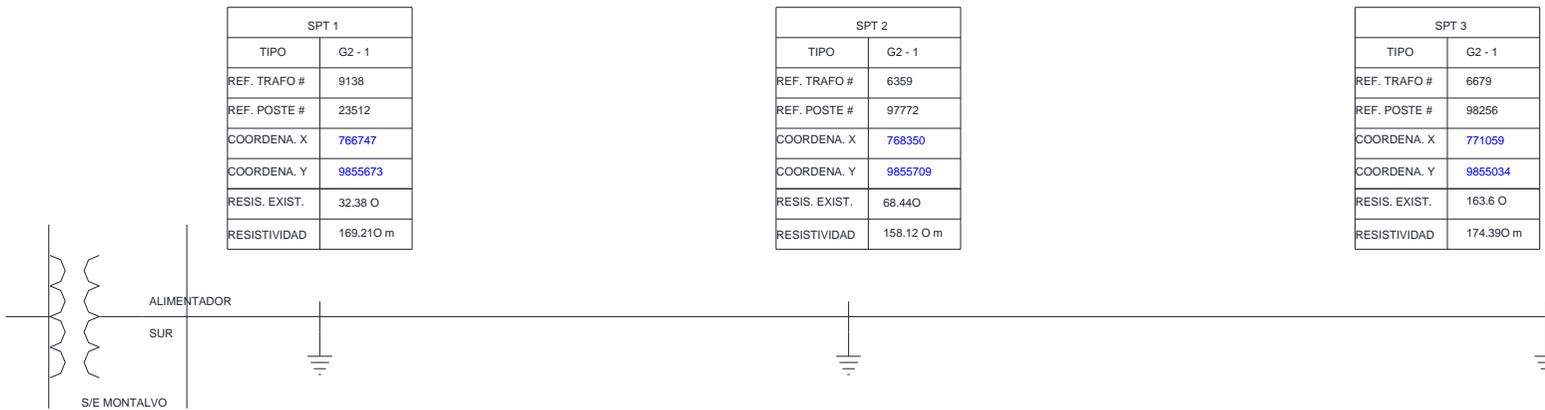
CONTIENE:  
**DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTES DEL ALIMENTADOR SALASACA**

APROBADO POR EEASA:  
 ING. IVAN NARANJO

ESCALA:  
 SIN ESCALA

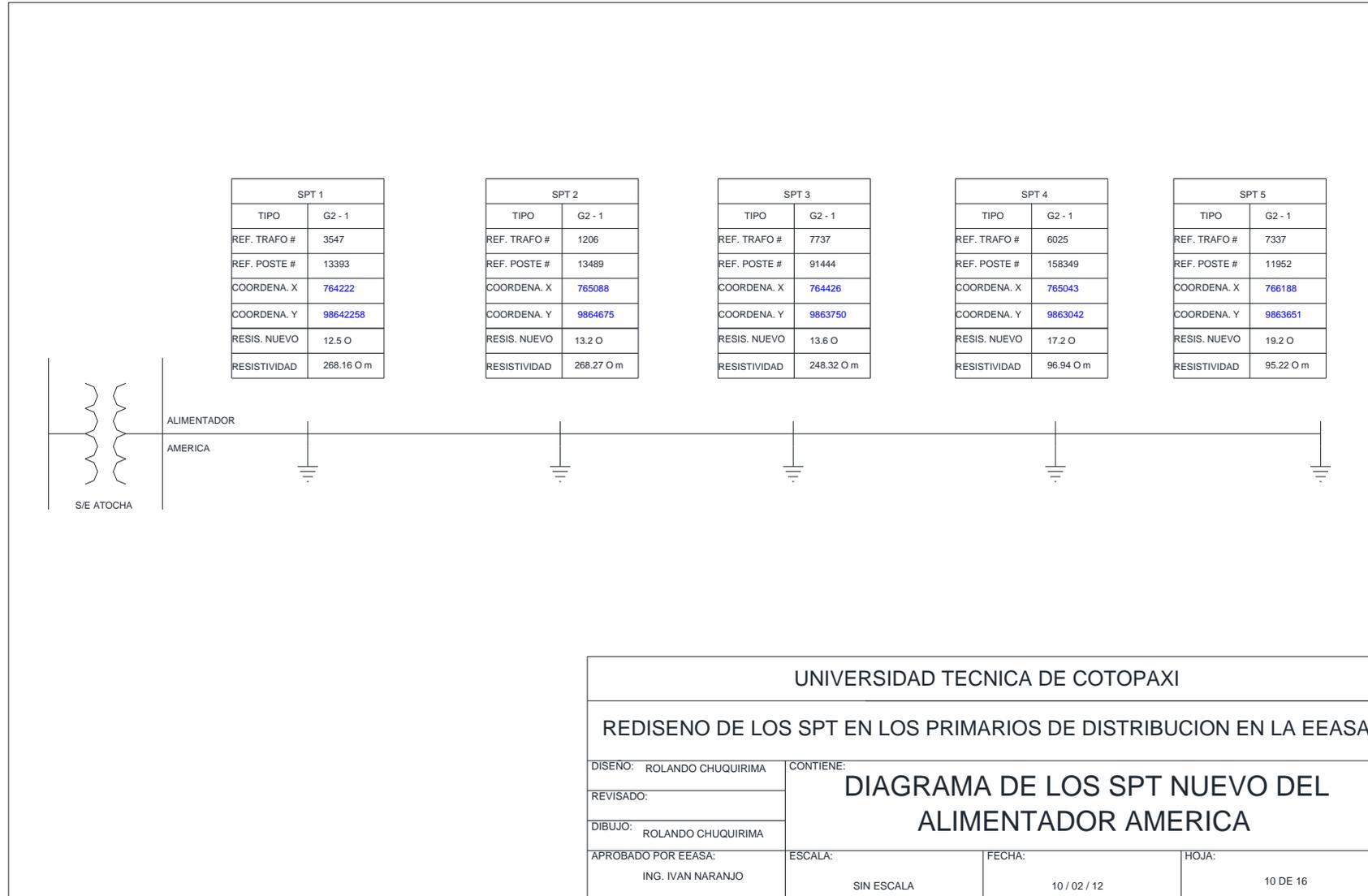
FECHA:  
 10 / 02 / 12

HOJA:  
 7 DE 176



<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b>			
<b>REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA</b>			
DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO:	<b>DIAGRAMA DE LOS SPT EXISTENTES DEL ALIMENTADOR SUR</b>		
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12	HOJA: 4 DE 16

## DIAGRAMAS UNIFILARES NUEVOS



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 REVISADO:  
 DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA

CONTIENE:

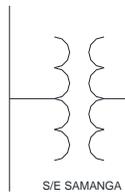
DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL ALIMENTADOR AMERICA

APROBADO POR EEASA:  
 ING. IVAN NARANJO

ESCALA:  
 SIN ESCALA

FECHA:  
 10 / 02 / 12

HOJA:  
 10 DE 16

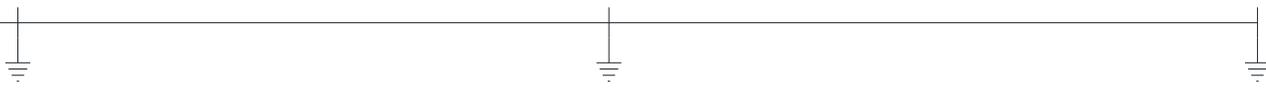


ALIMENTADOR  
CUNCHIBAMBA

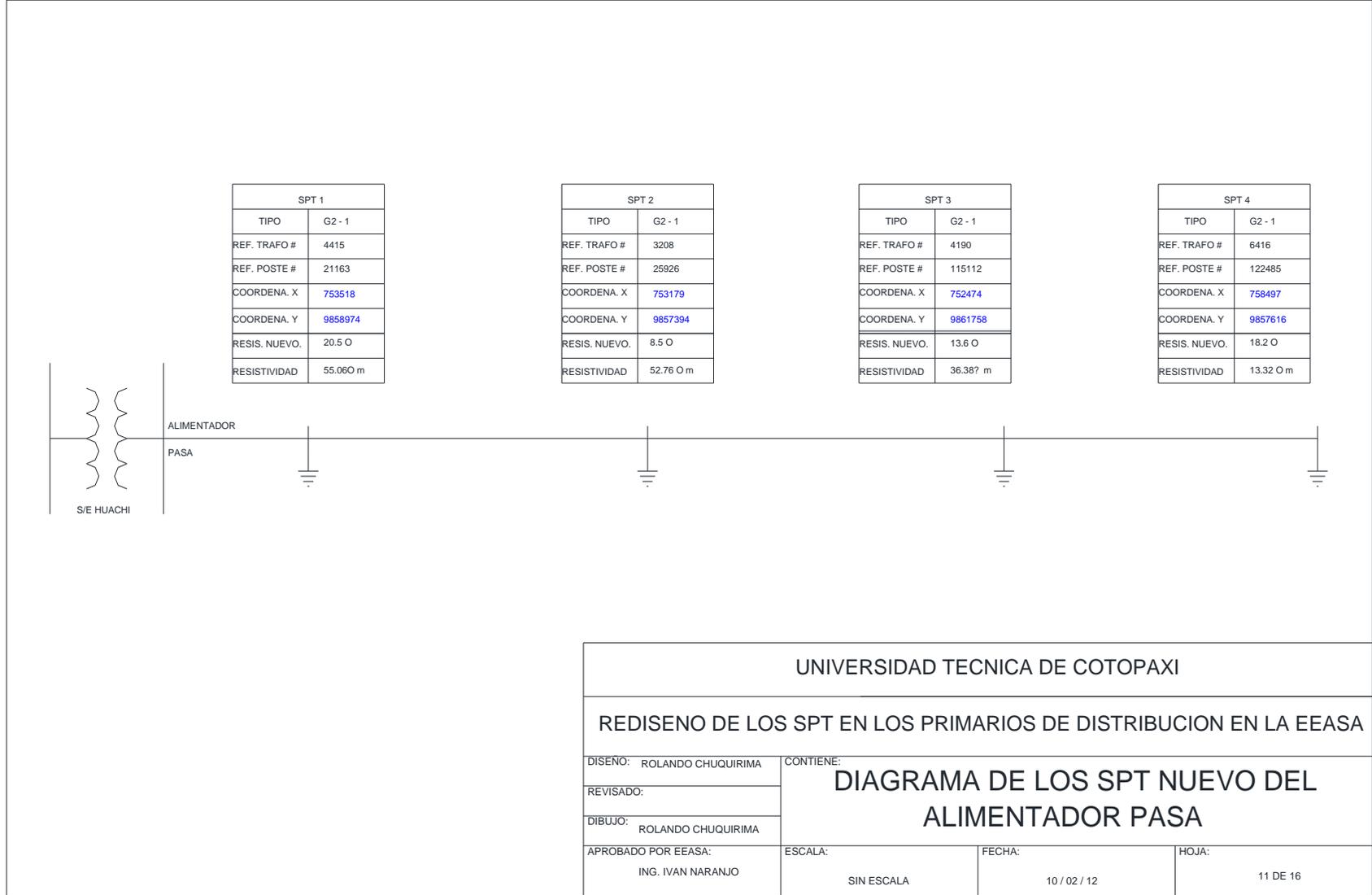
SPT 1	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	S/E
REF. POSTE #	12867
COORDENA. X	762631
COORDENA. Y	9880395
RESIS. NUEVO	15,8 O
RESISTIVIDAD	511.29 O m

SPT 2	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	4083
REF. POSTE #	172454
COORDENA. X	767479
COORDENA. Y	9874261
RESIS. NUEVO	13,2 O
RESISTIVIDAD	38.67 O m

SPT 3	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	3682
REF. POSTE #	264596
COORDENA. X	770470
COORDENA. Y	9879594
RESIS. NUEVO	13,1 O
RESISTIVIDAD	38.67 O m



<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b>			
<b>REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA</b>			
DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO:	<b>DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL ALIMENTADOR CUNCHIBAMBA</b>		
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12	HOJA: 9 DE 16



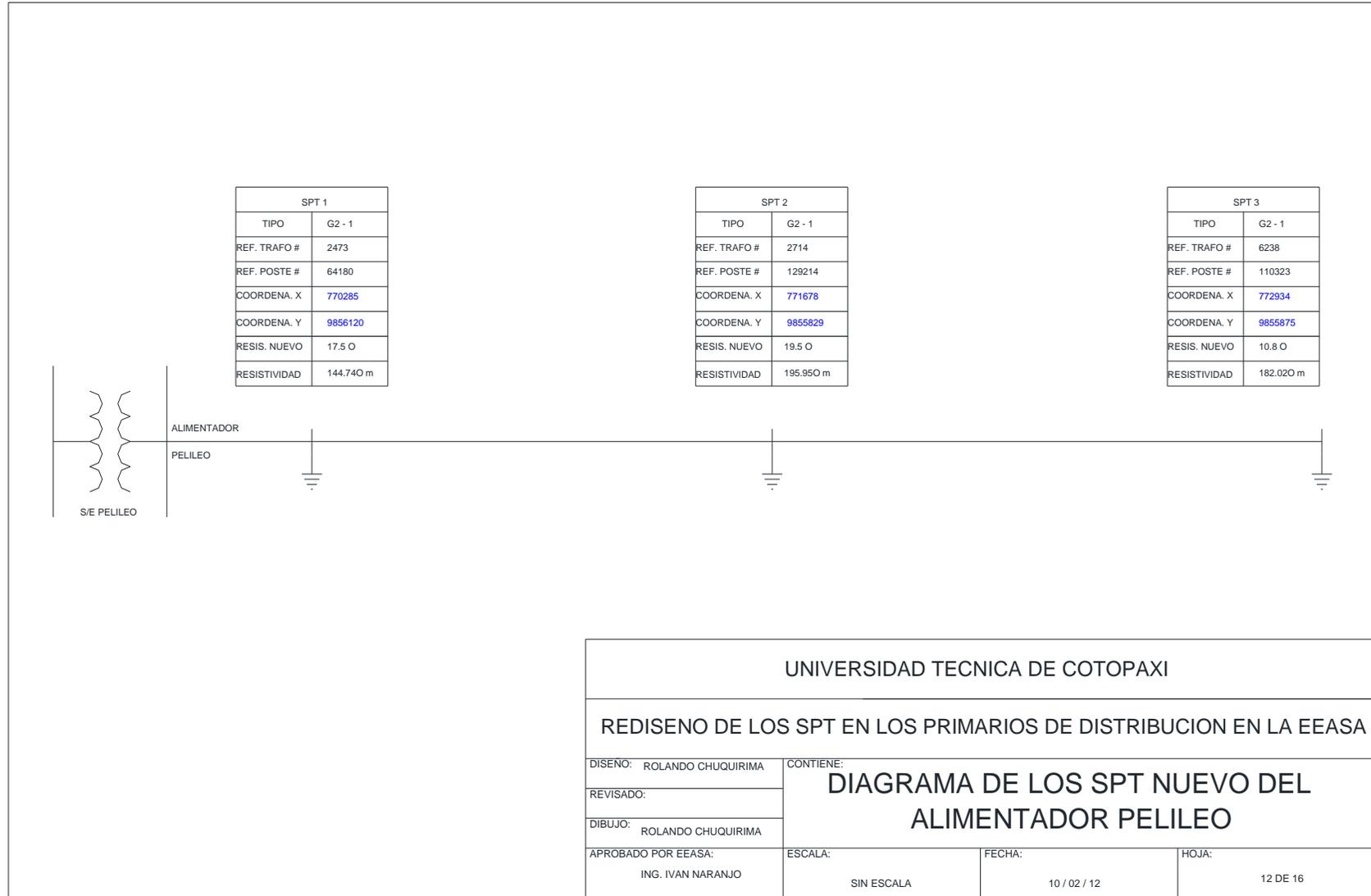
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISENO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 REVISADO:  
 DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 APROBADO POR EEASA:  
 ING. IVAN NARANJO

CONTIENE:  
**DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL ALIMENTADOR PASA**

ESCALA: SIN ESCALA  
 FECHA: 10 / 02 / 12  
 HOJA: 11 DE 16



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 REVISADO:  
 DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA

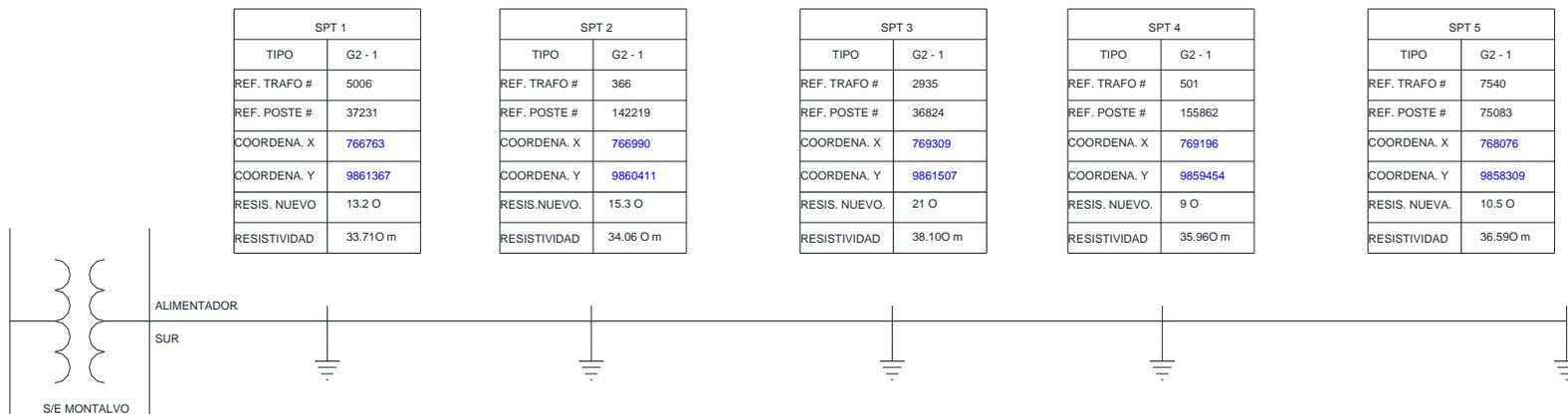
CONTIENE:  
**DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL ALIMENTADOR PELILEO**

APROBADO POR EEASA:  
 ING. IVAN NARANJO

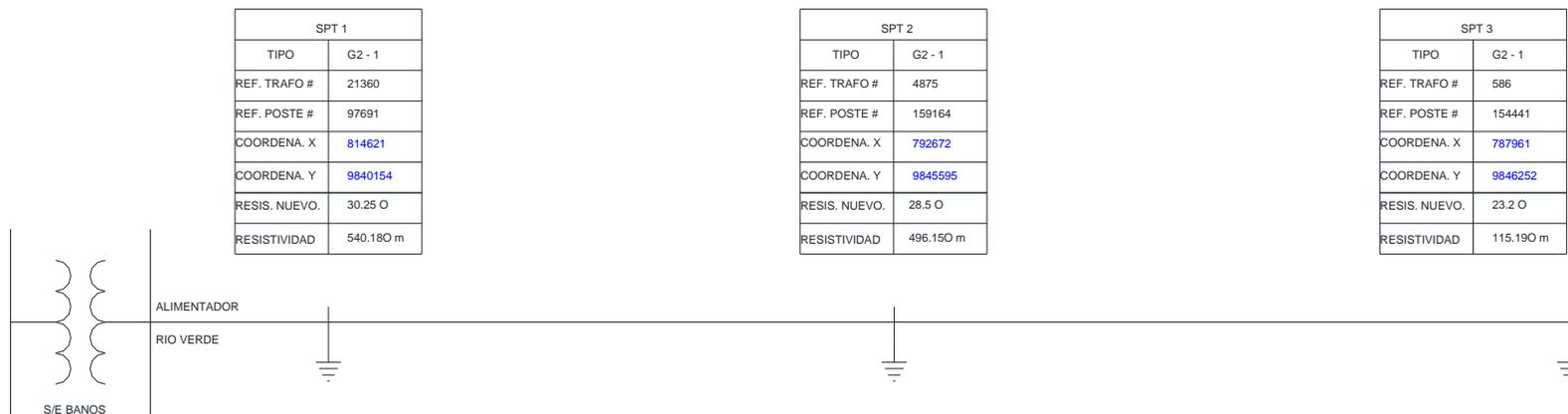
ESCALA:  
 SIN ESCALA

FECHA:  
 10 / 02 / 12

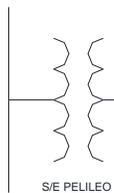
HOJA:  
 12 DE 16



<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b>			
<b>REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA</b>			
DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>CONTIENE: DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL ALIMENTADOR PICAIHUA</b>		
REVISADO:			
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12	HOJA: 13 DE 16



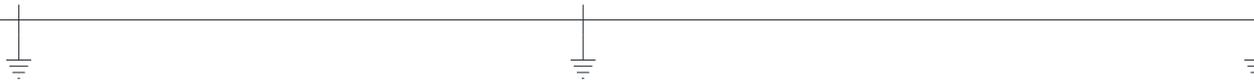
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI			
REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA			
DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO:	<b>DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL ALIMENTADOR RIO VERDE</b>		
DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO POR EEASA: ING. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 10 / 02 / 12	HOJA: 14 DE 16



SPT 1	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	6069
REF. POSTE #	63582
COORDENA. X	769536
COORDENA. Y	9852051
RESIS. NUEVO	19.2 O
RESISTIVIDAD	91.650 m

SPT 2	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	3904
REF. POSTE #	166261
COORDENA. X	771982
COORDENA. Y	9852183
RESIS. NUEVO	23.2 O
RESISTIVIDAD	89.040 m

SPT 3	
TIPO	G2 - 1
REF. TRAF0 #	408
REF. POSTE #	164794
COORDENA. X	774983
COORDENA. Y	9852814
RESIS. NUEVO	13.5 O
RESISTIVIDAD	115.190 m



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISEÑO: ROLANDO CHUQUIRIMA

REVISADO:

DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA

APROBADO POR EEASA:  
ING. IVAN NARANJO

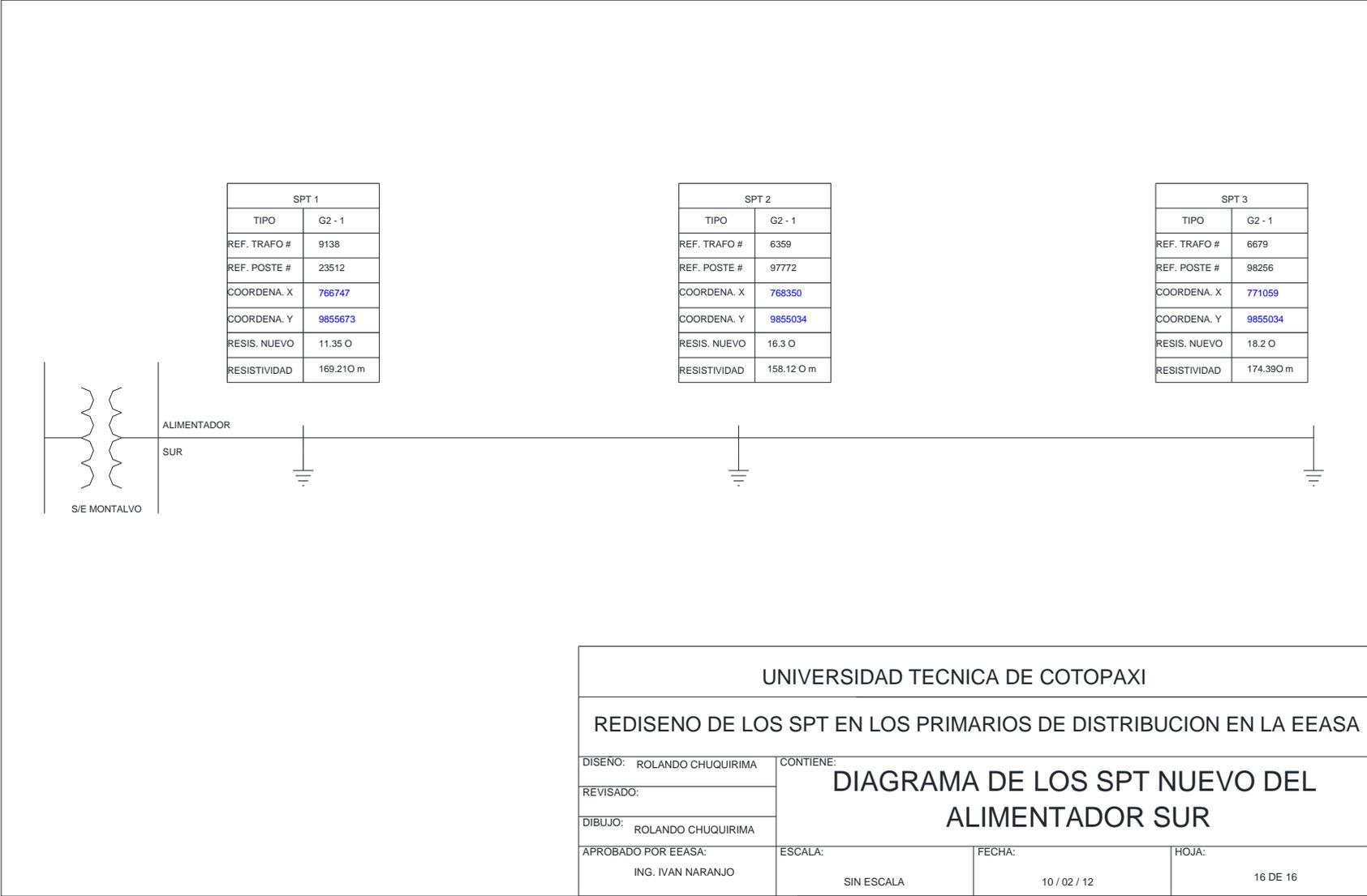
CONTIENE:

DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL  
ALIMENTADOR SALASACA

ESCALA:  
SIN ESCALA

FECHA:  
10 / 02 / 12

HOJA:  
15 DE 16



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

REDISENO DE LOS SPT EN LOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION EN LA EEASA

DISENO: ROLANDO CHUQUIRIMA  
 REVISADO:  
 DIBUJO: ROLANDO CHUQUIRIMA

CONTIENE:  
**DIAGRAMA DE LOS SPT NUEVO DEL ALIMENTADOR SUR**

APROBADO POR EEASA:  
 ING. IVAN NARANJO

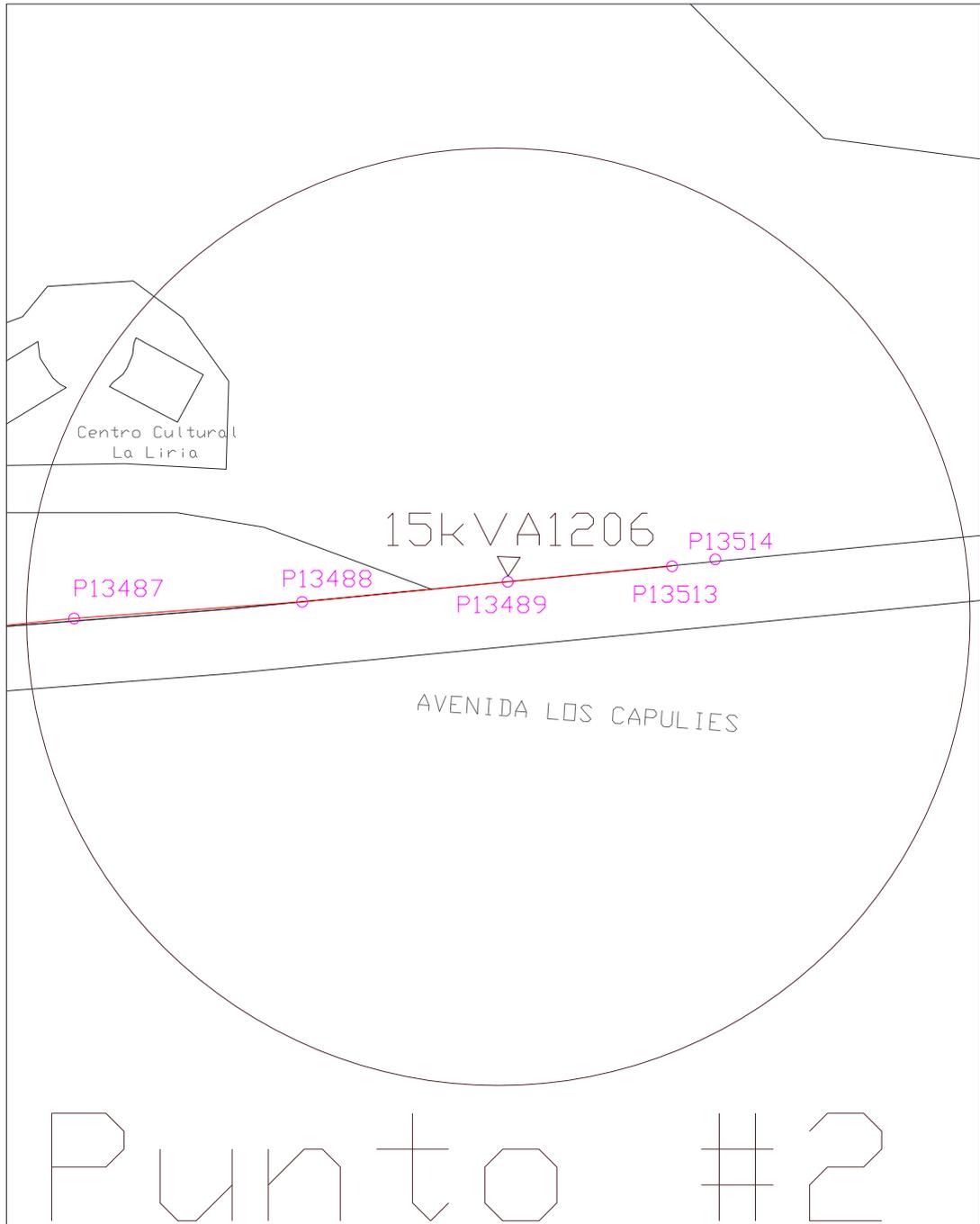
ESCALA:  
 SIN ESCALA

FECHA:  
 10 / 02 / 12

HOJA:  
 16 DE 16

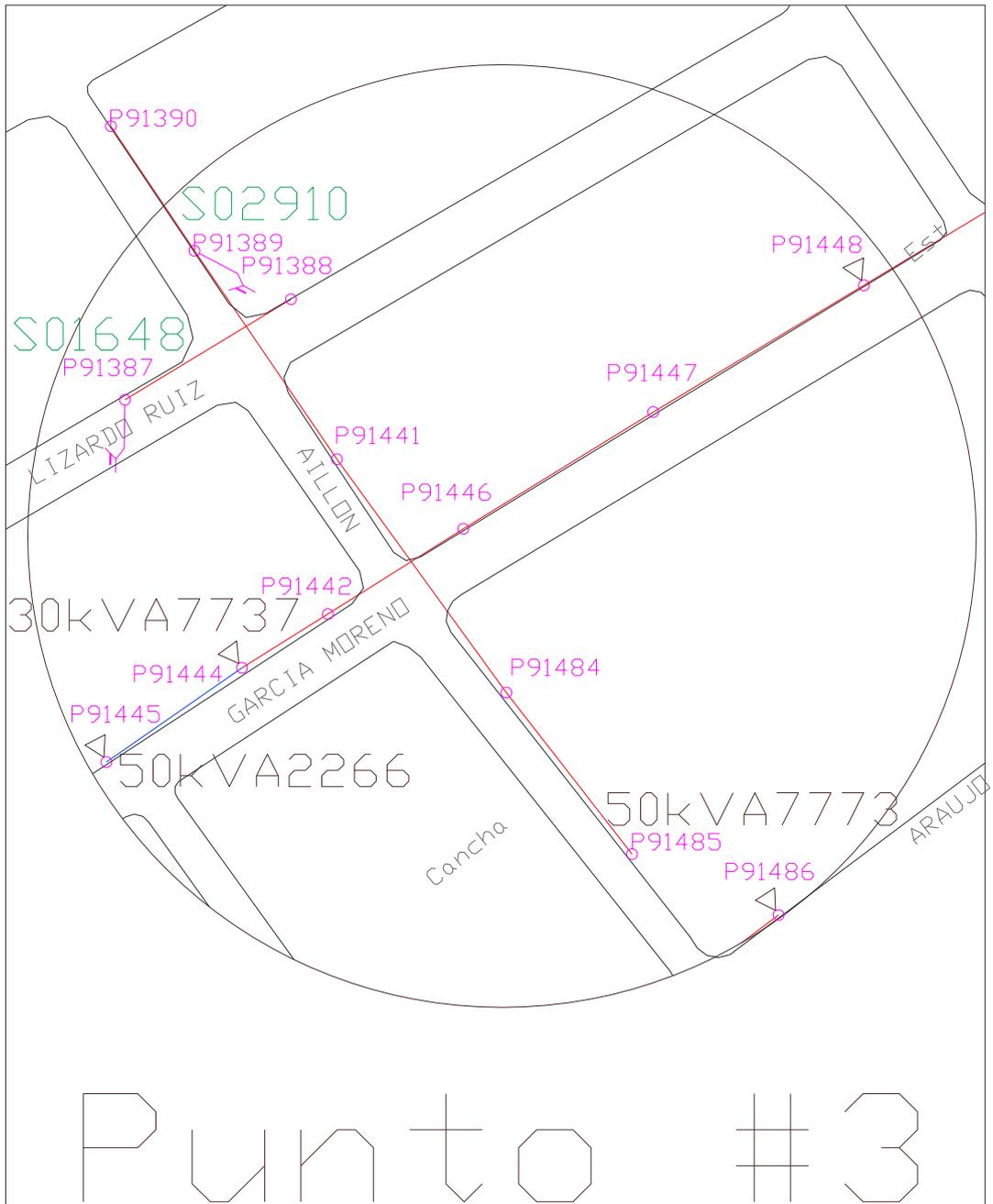
## PUNTOS DE REFERENCIA





# Punto #2

PUNTO #2 DEL ALIMENTADOR ATOCHA			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 4 DE 2

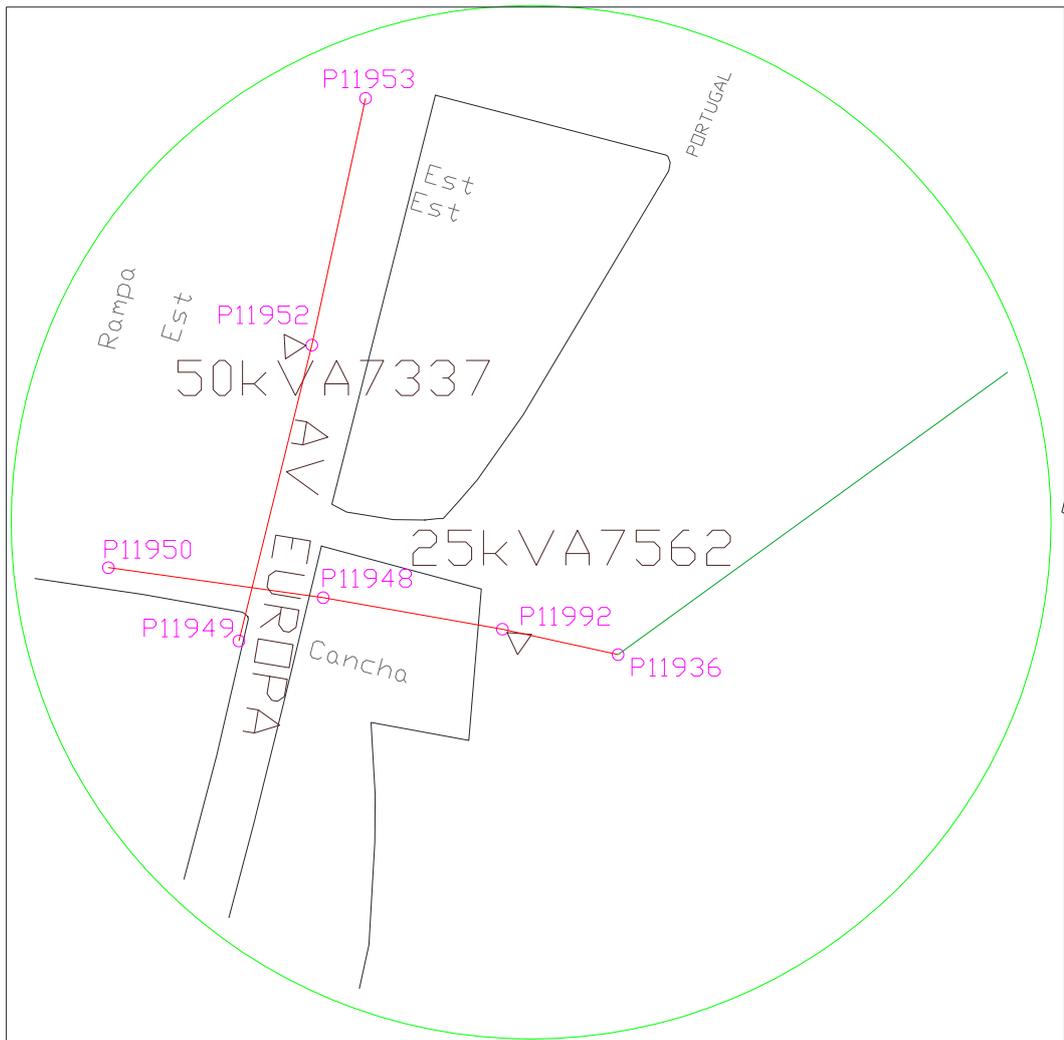


# Punto #3

PUNTO #3 DEL ALIMENTADOR ATOCHA			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 4 DE 3



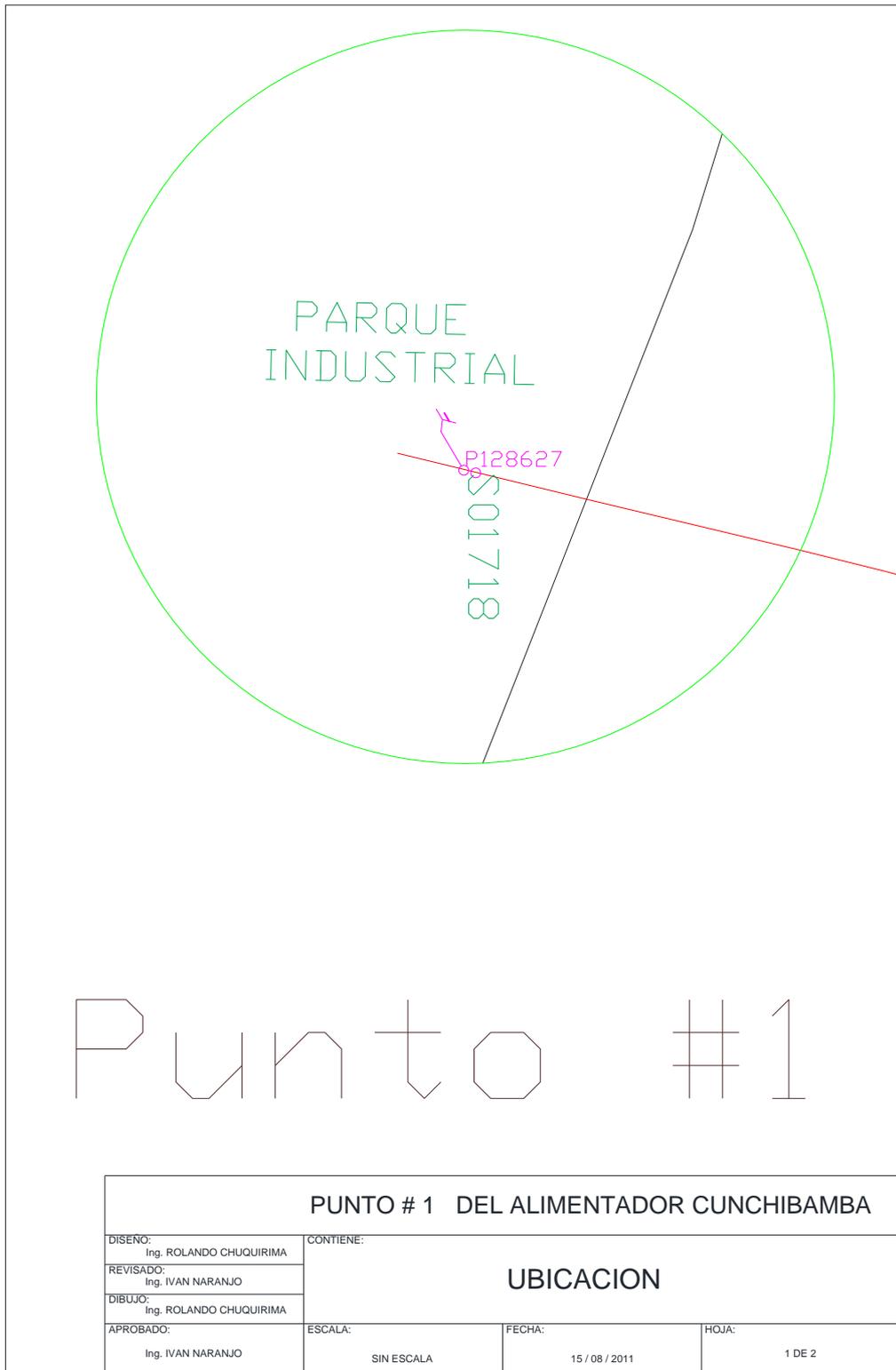


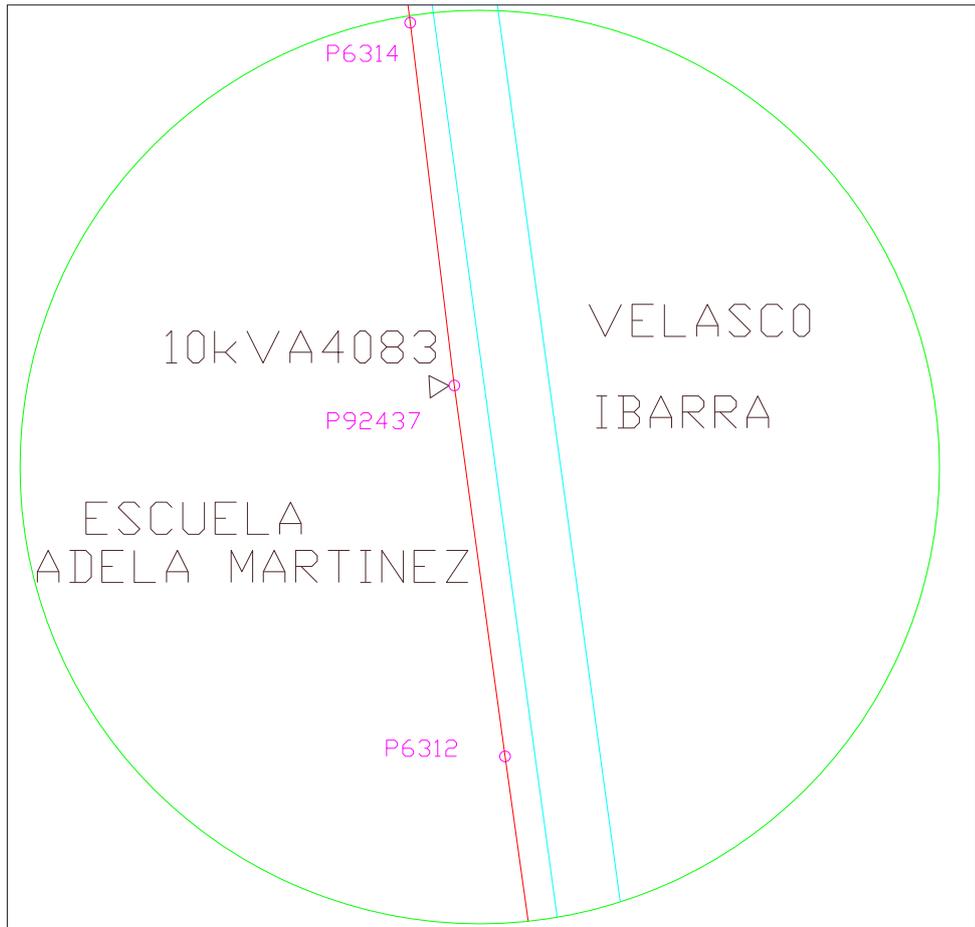


# Punto #5

## PUNTO #5 DEL ALIMENTADOR ATOCHA

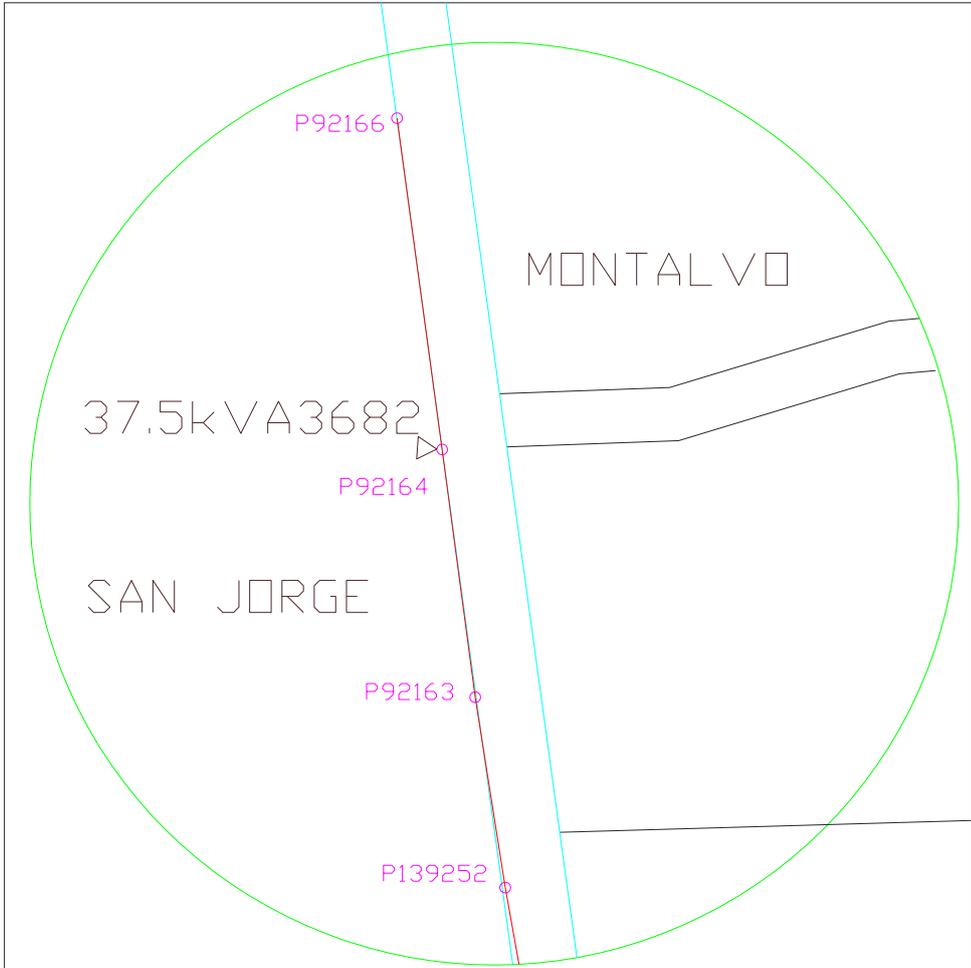
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA		CONTIENE:	
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO		<b>UBICACION</b>	
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO		ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011
		HOJA: 5 DE 5	





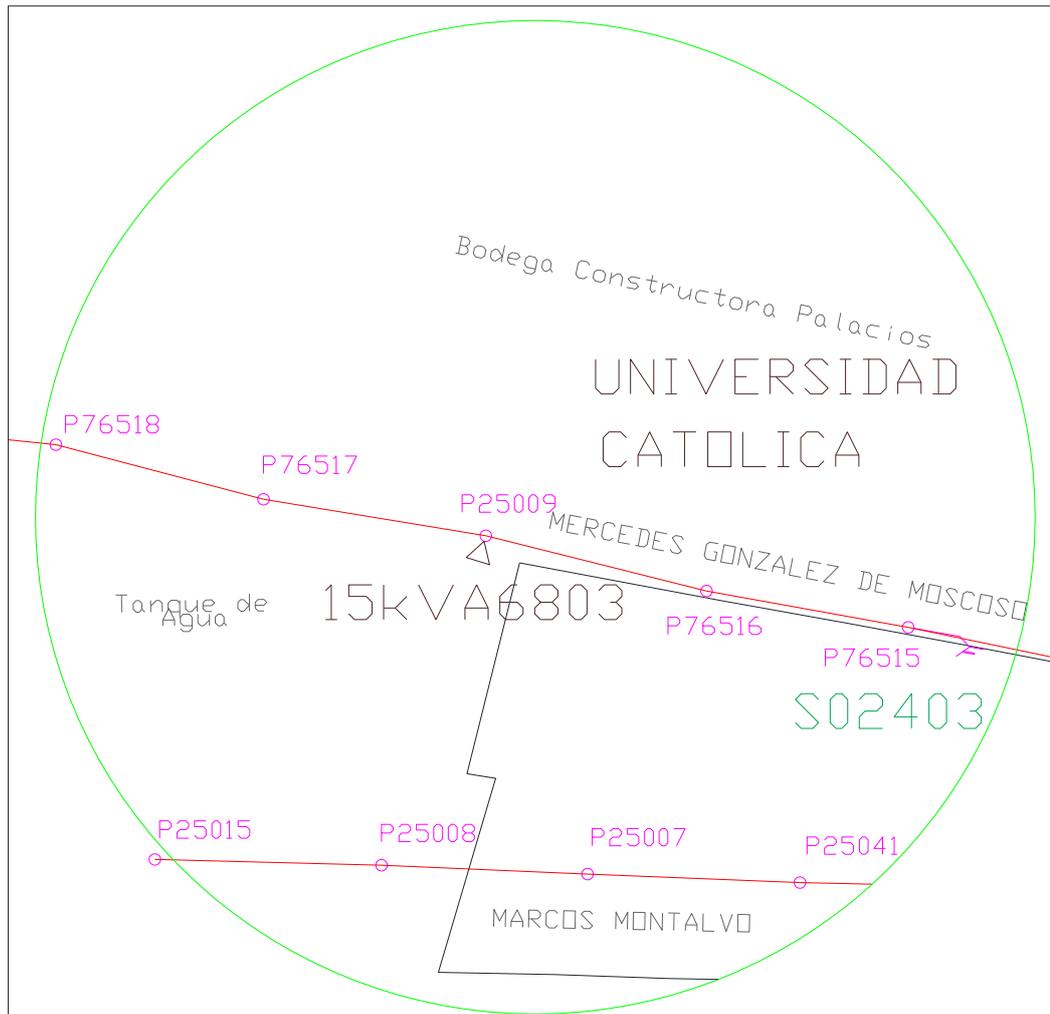
# Punto #2

<b>PUNTO # 2 DEL ALIMENTADOR CUNCHIBAMBA</b>			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 2 DE 2



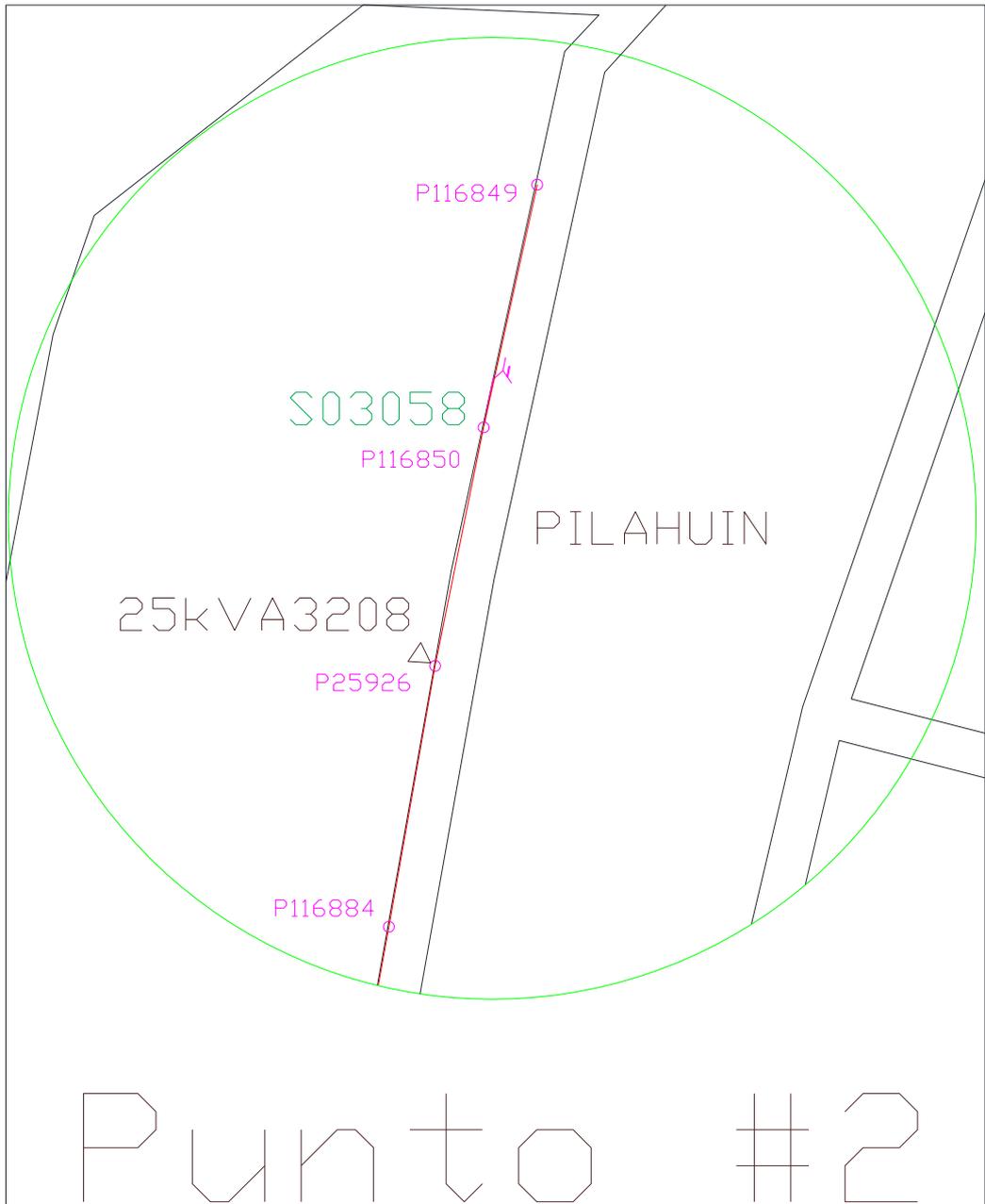
# Punto # 3

<b>PUNTO # 3 DEL ALIMENTADOR CUNCHIBAMBA</b>			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 3

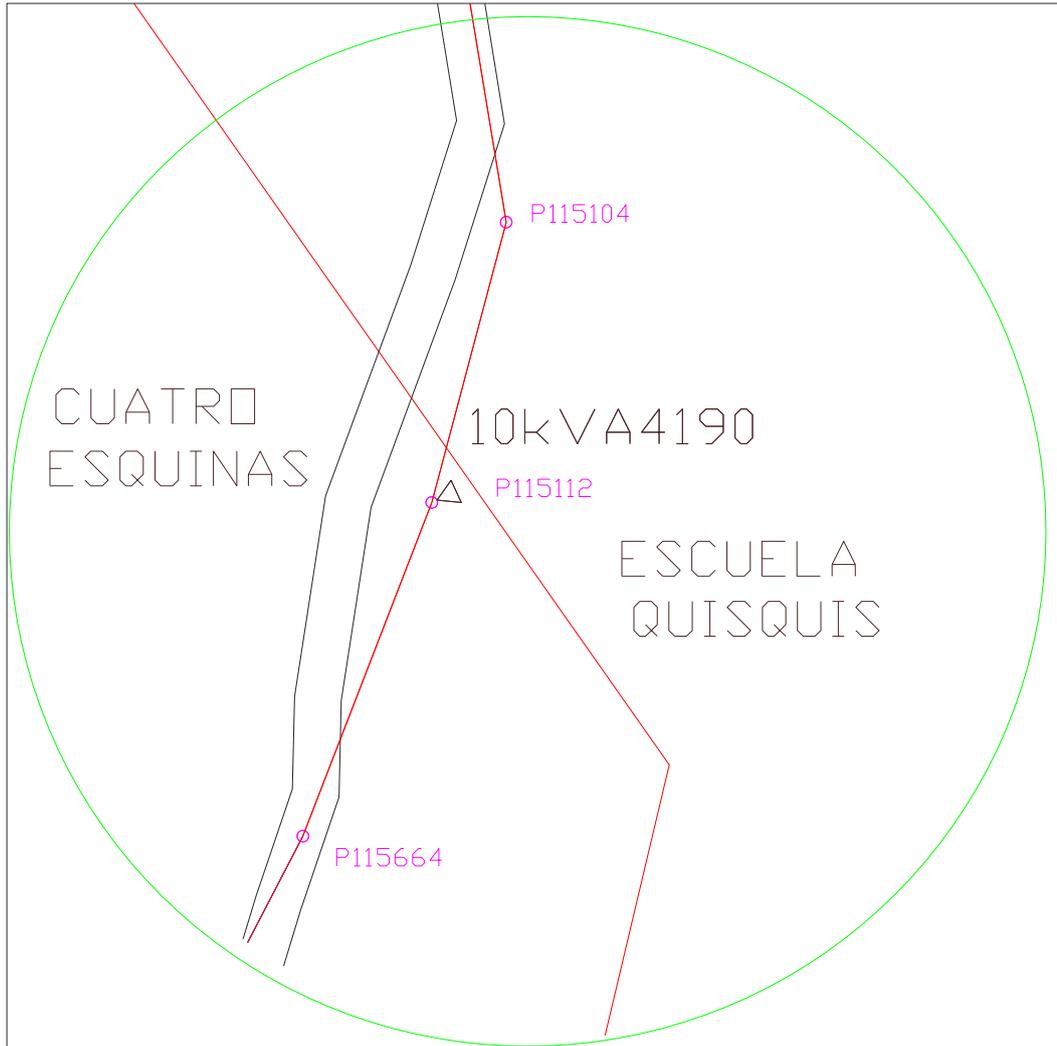


# Punto #1

PUNTO #1 DEL ALIMENTADOR HUACHI			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

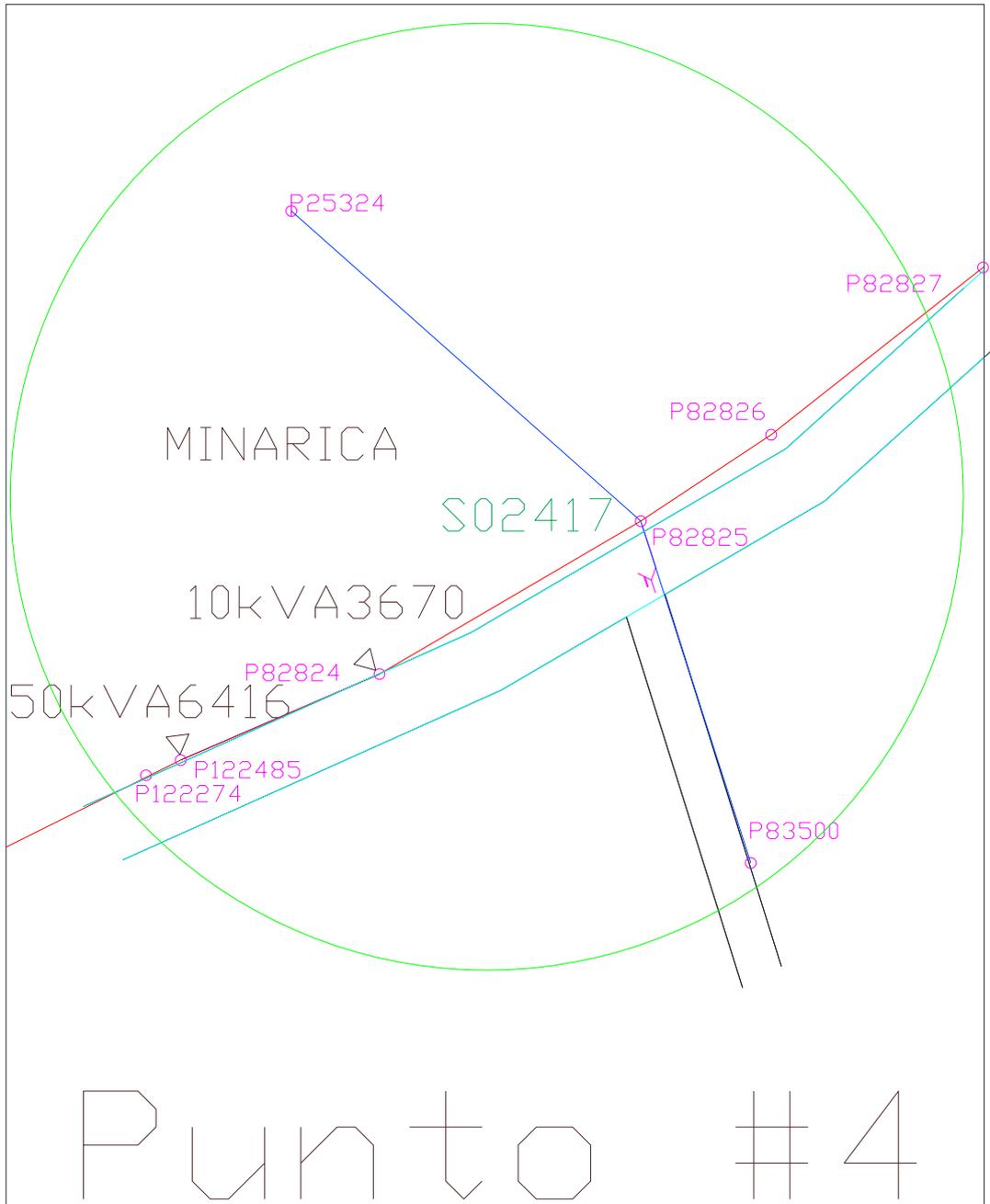


<b>PUNTO #2 DEL ALIMENTADOR HUACHI</b>				
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>			
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO				
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA				
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	CONTIENE:	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

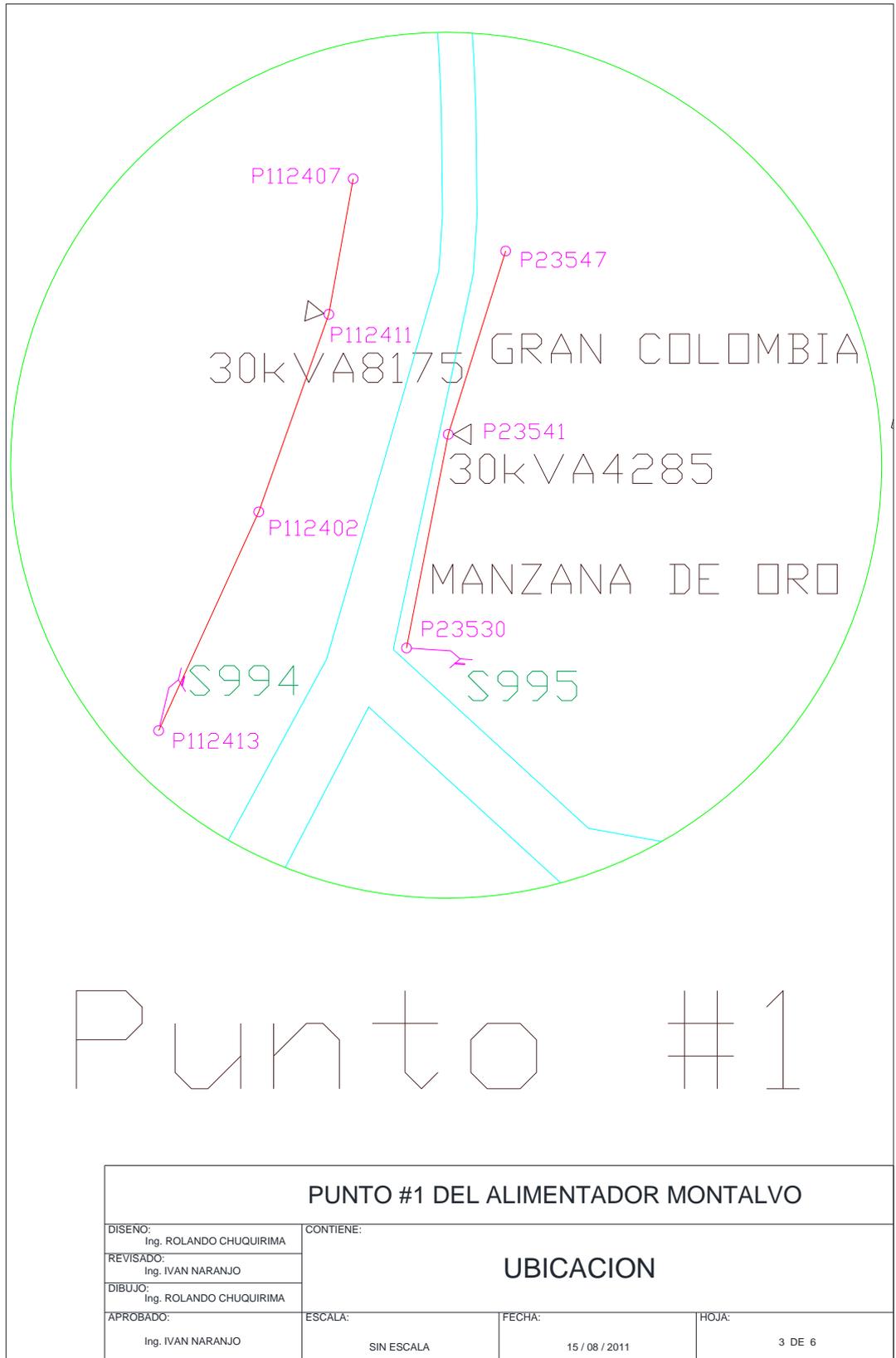


# Punto #3

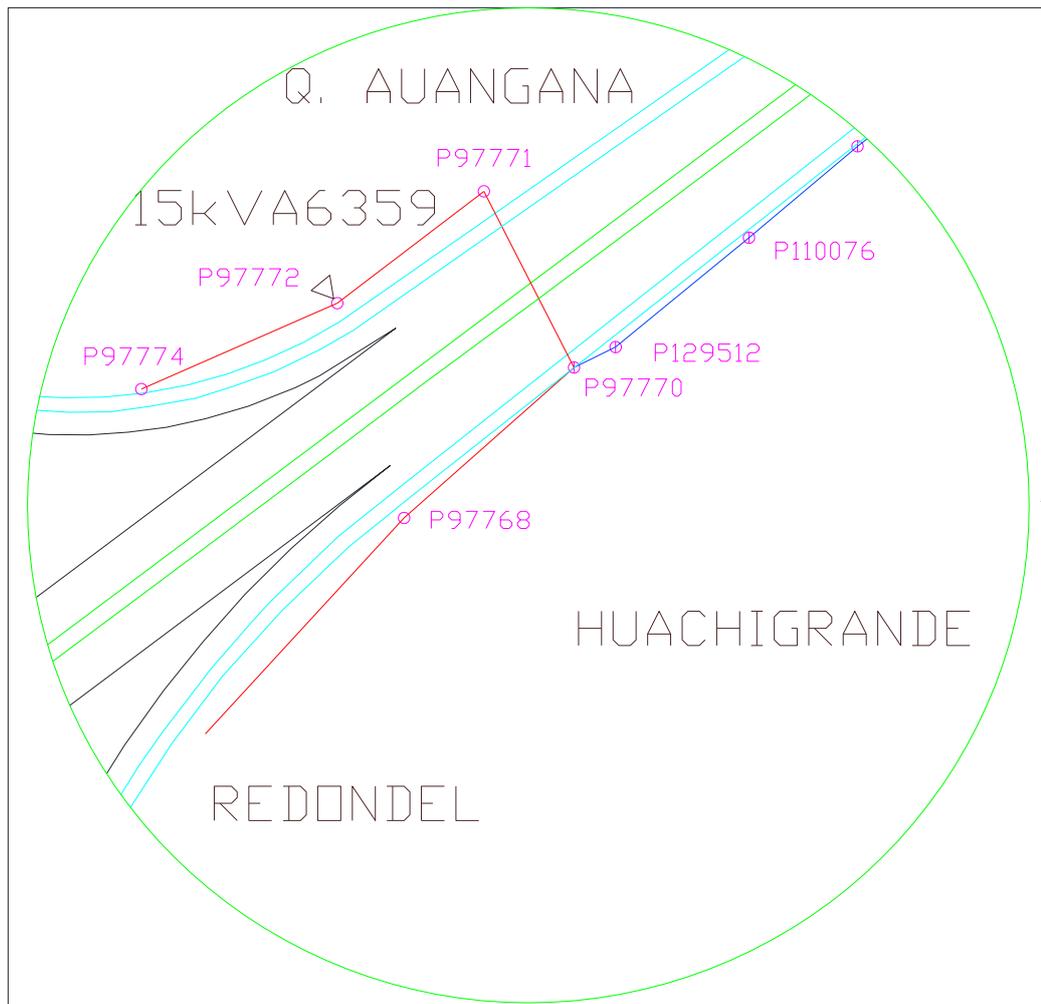
PUNTO #3 DEL ALIMENTADOR HUACHI			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6



<b>PUNTO #3 DEL ALIMENTADOR HUACHI</b>			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

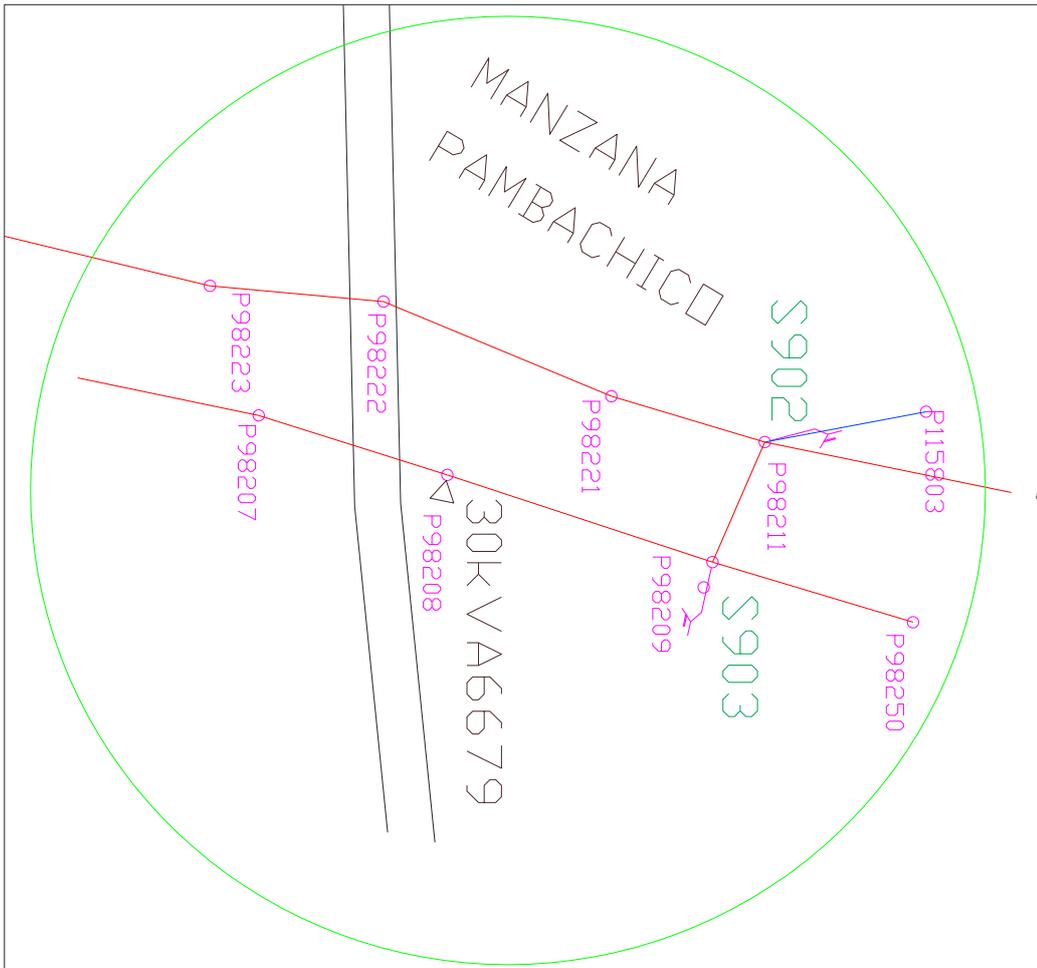


PUNTO #1 DEL ALIMENTADOR MONTALVO			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:  <b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO:  Ing. IVAN NARANJO	ESCALA:  SIN ESCALA	FECHA:  15 / 08 / 2011	HOJA:  3 DE 6



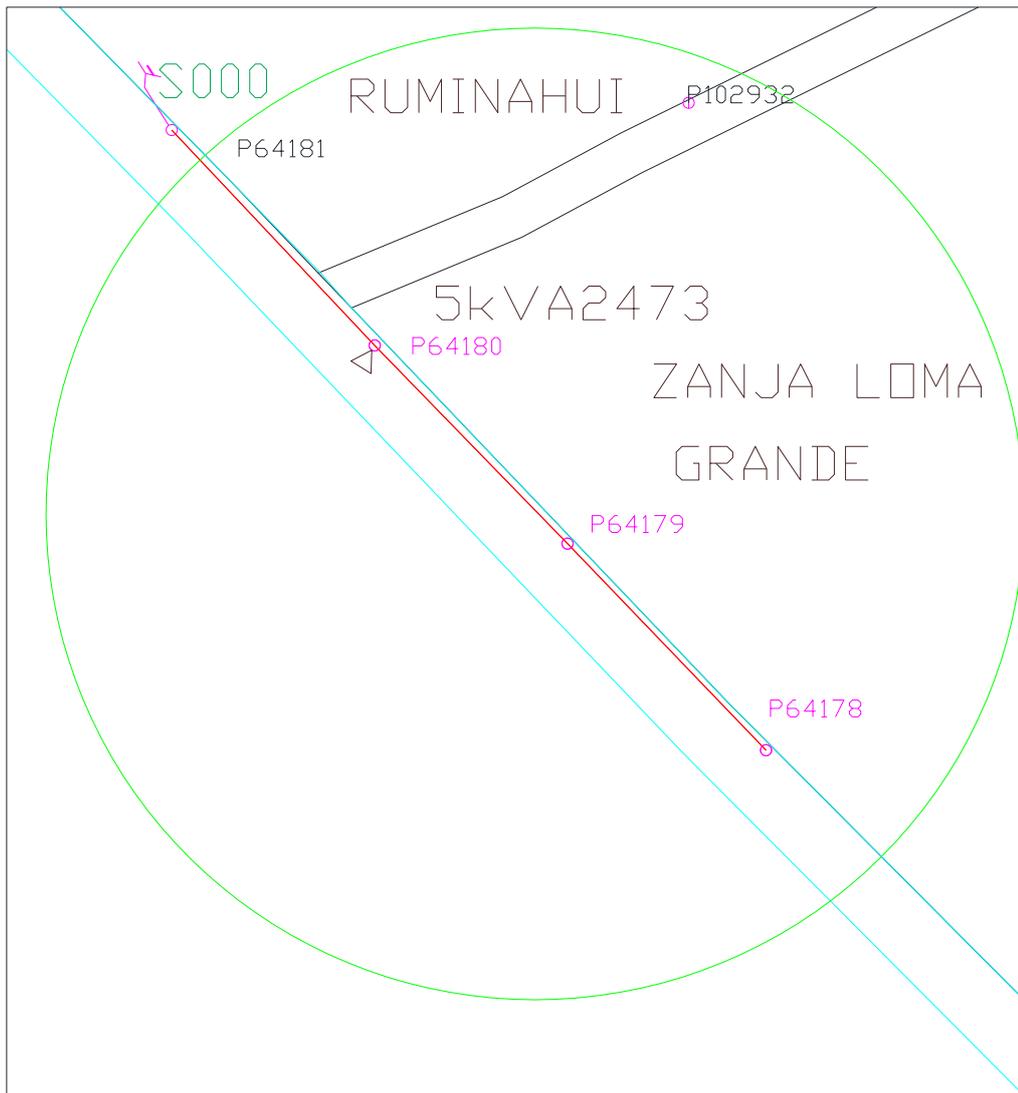
# Punto #2

PUNTO #2 DEL ALIMENTADOR MONTALVO			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6



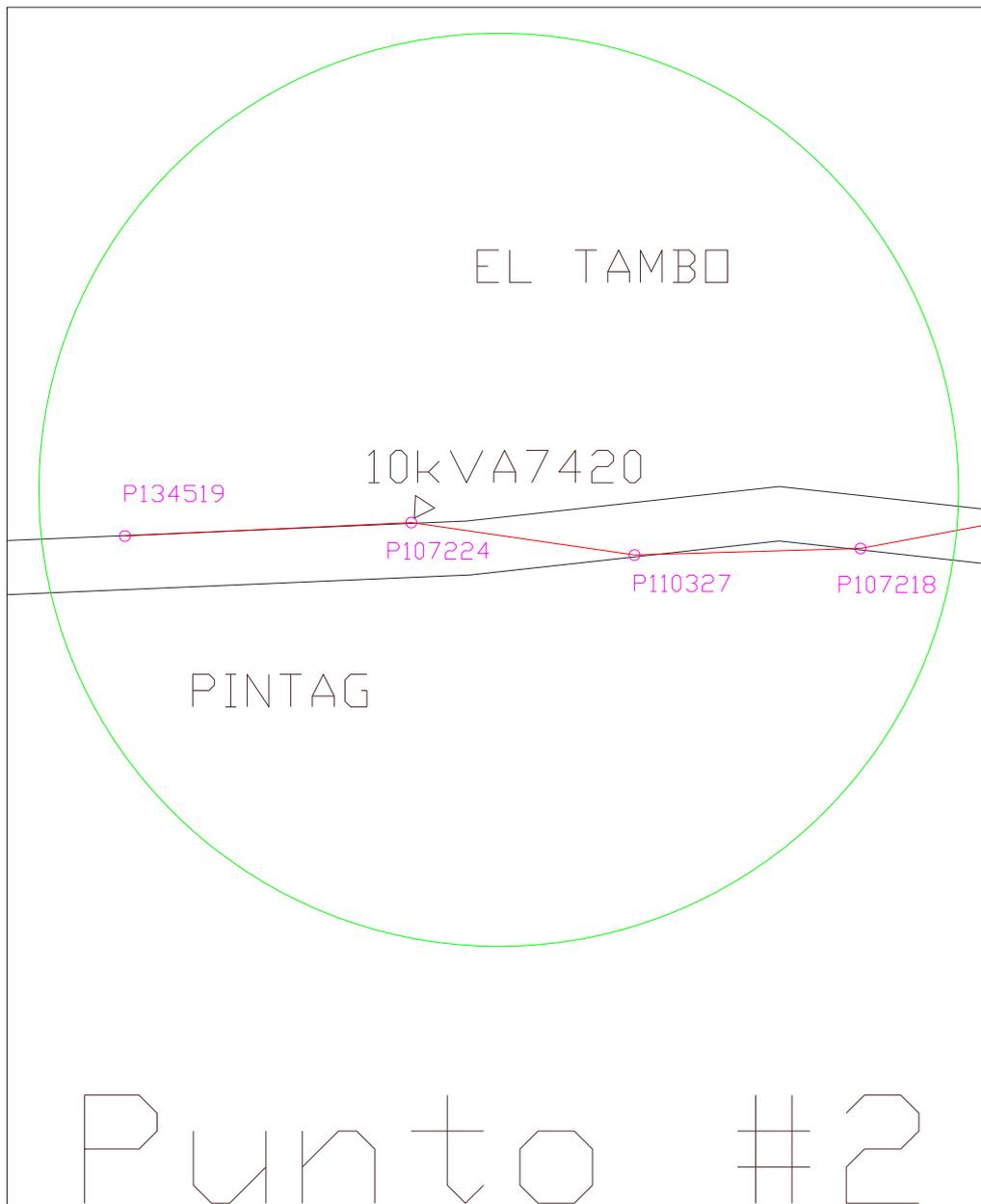
# PUNTO #3

PUNTO #3 DEL ALIMENTADOR MONTALVO			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

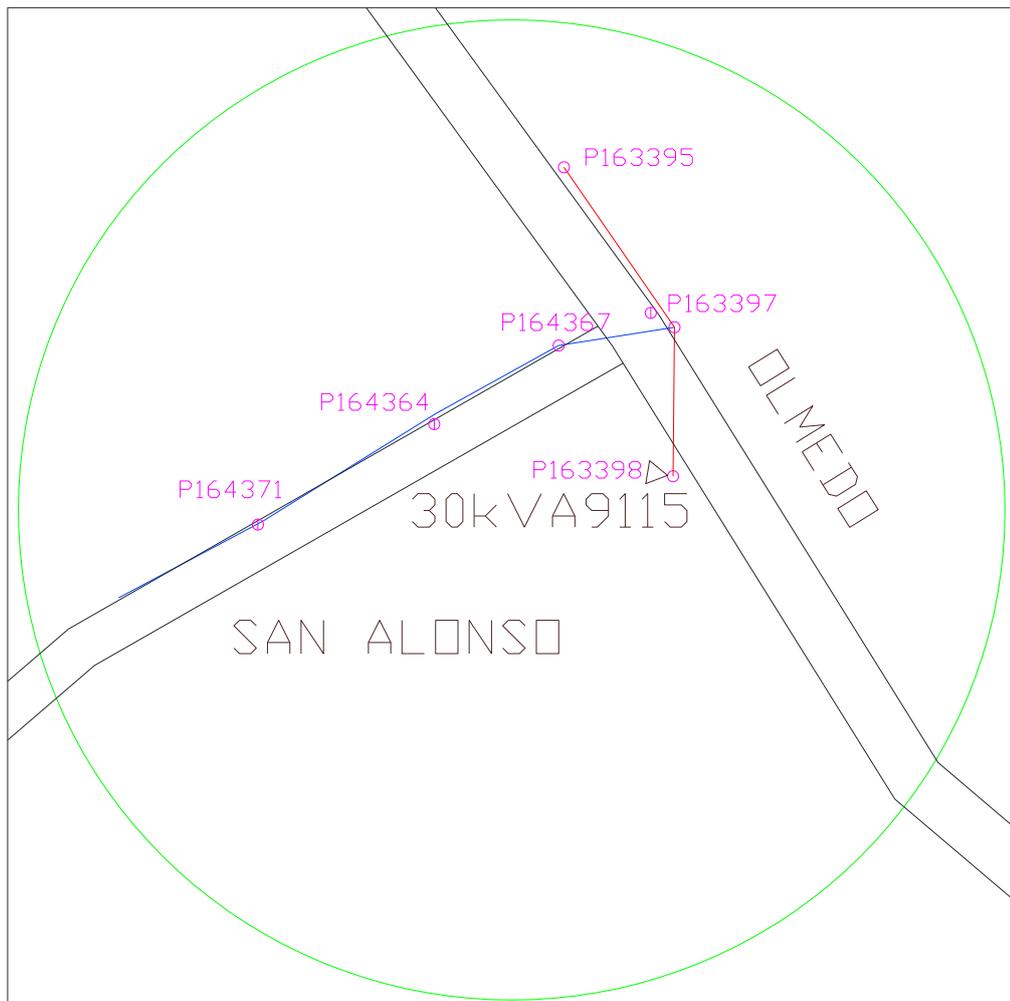


# Punto #1

<b>PUNTO #1 DEL ALIMENTADOR PELILEO</b>			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6



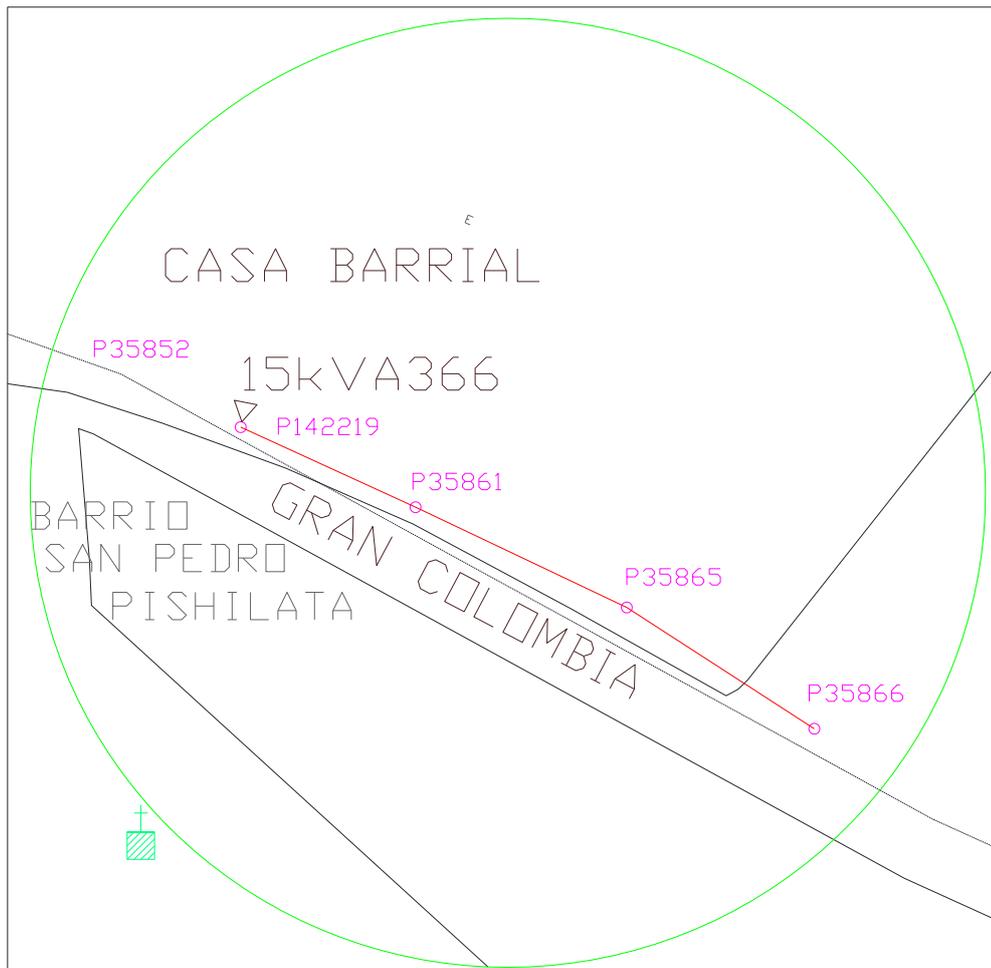
PUNTO #2 DEL ALIMENTADOR PELILEO			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6



# Punto #3

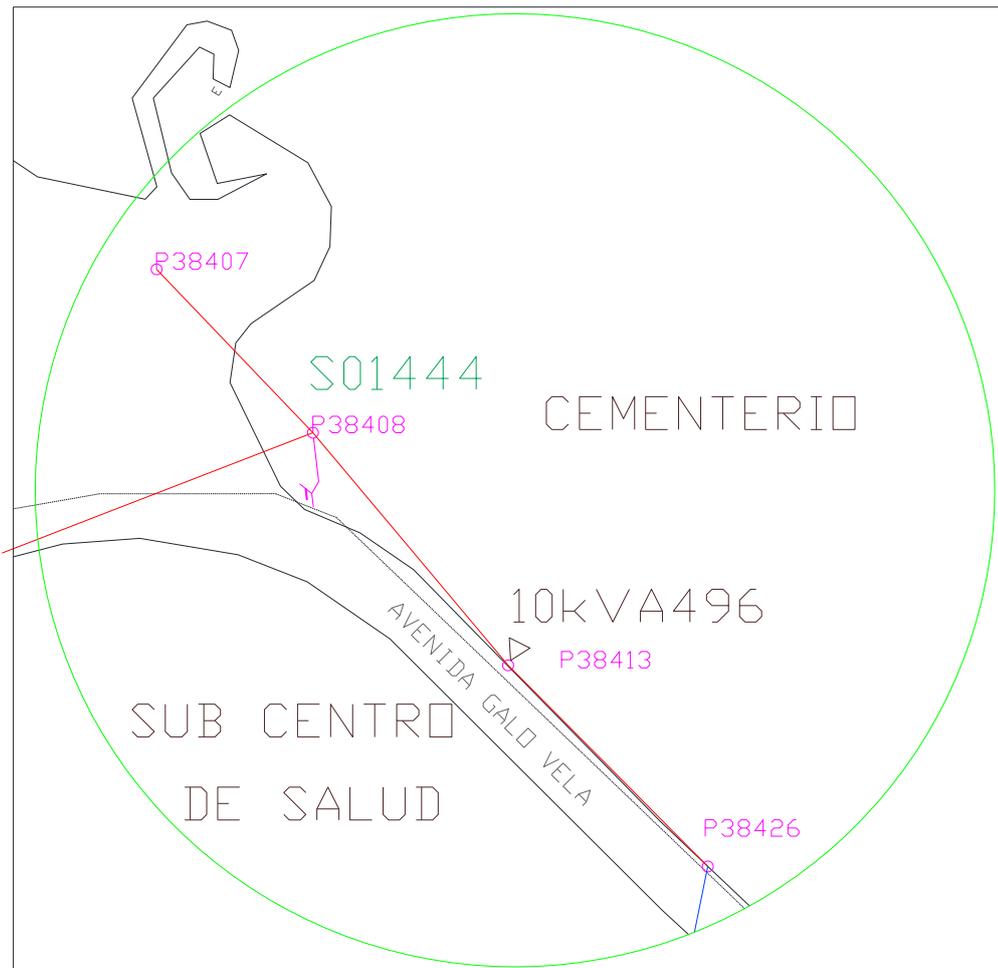
PUNTO #3 DEL ALIMENTADOR PELILEO			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6





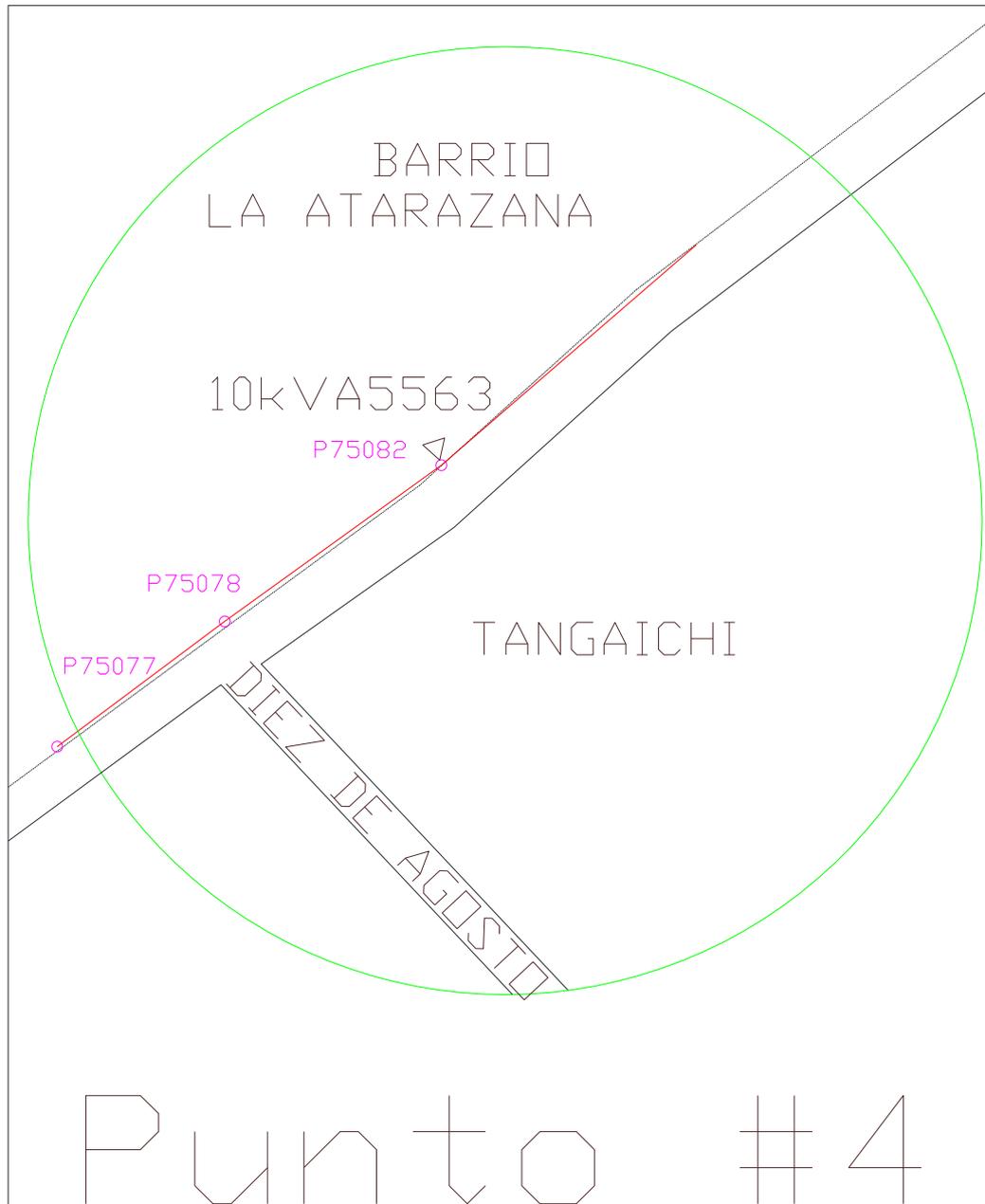
# Punto #2

<b>PUNTO # 2 DEL ALIMENTADOR PICAIHUA</b>			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

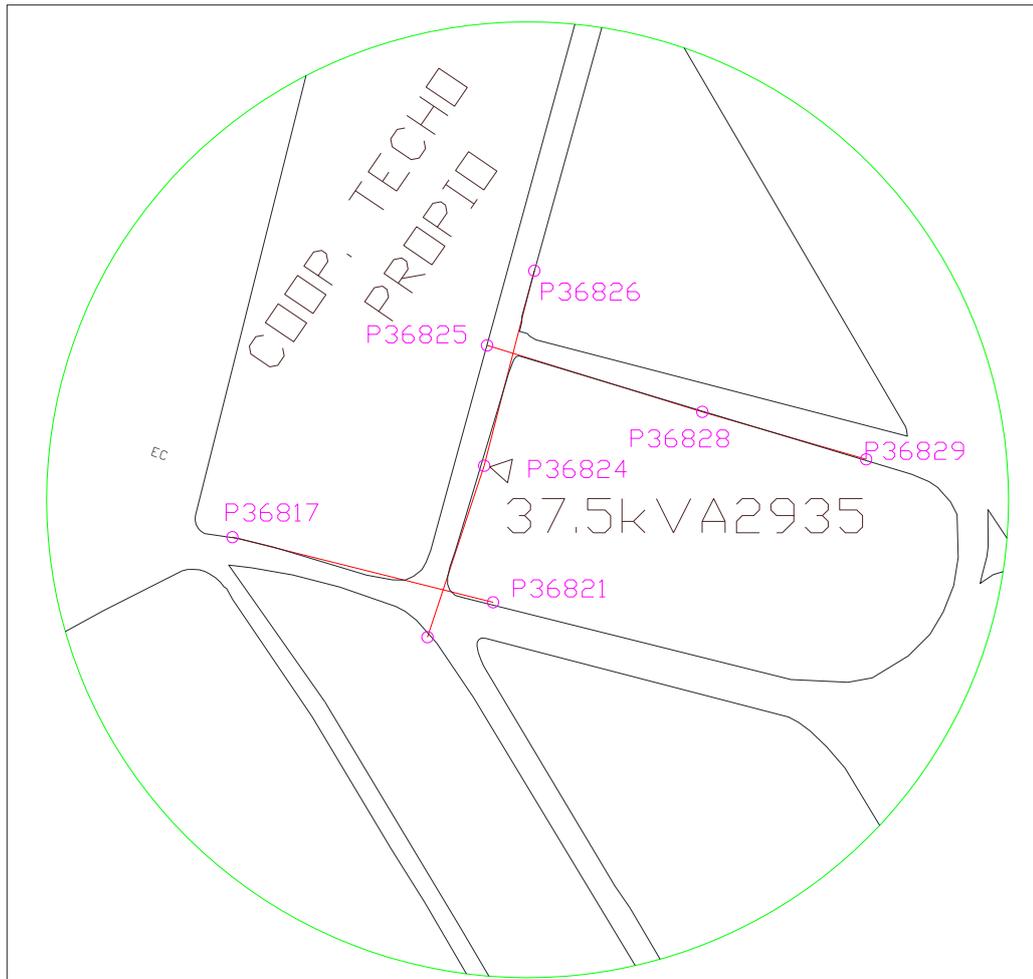


# Punto # 3

PUNTO # 3 DEL ALIMENTADOR PICAIHUA			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

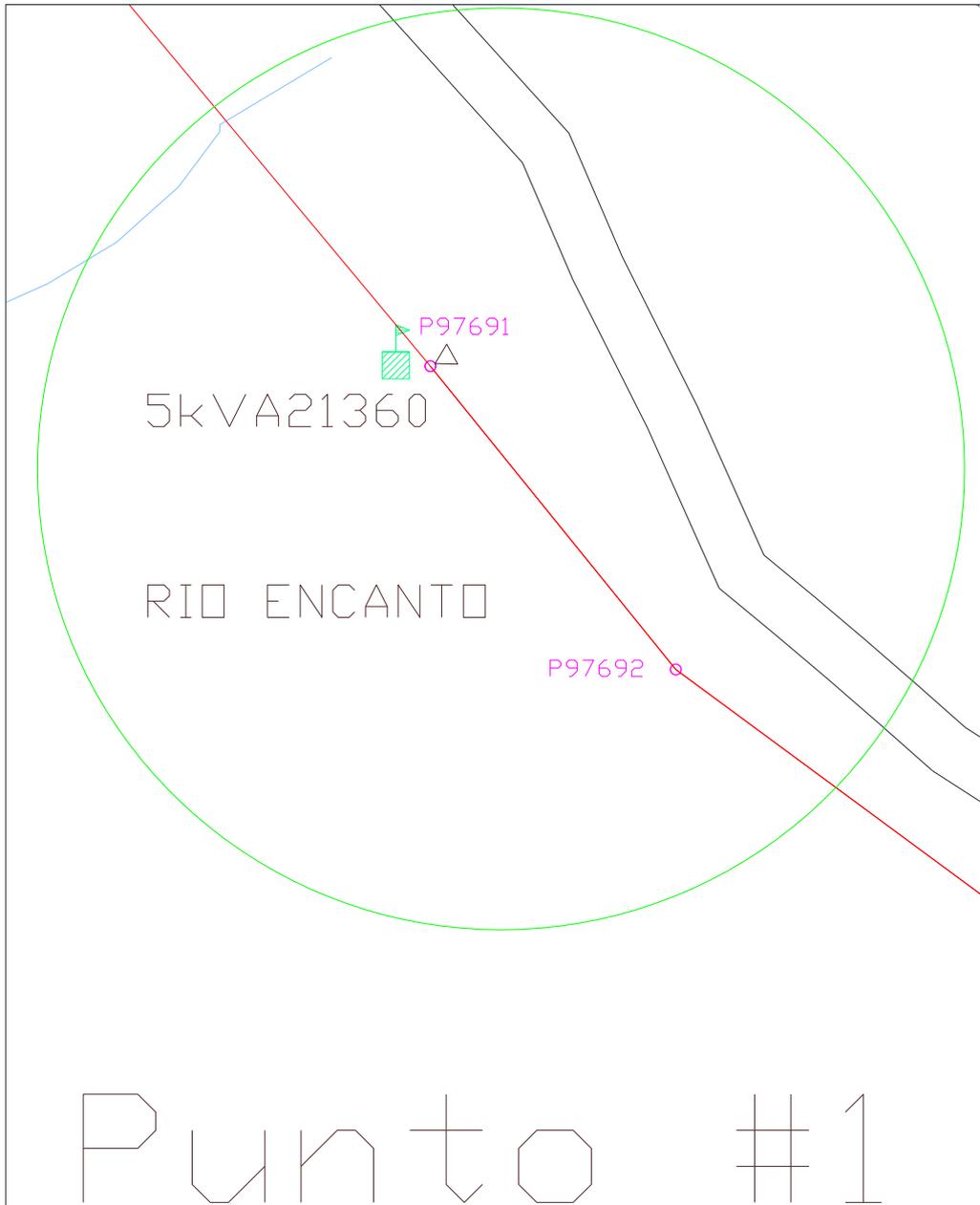


PUNTO # 4 DEL ALIMENTADOR PICAIHUA			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

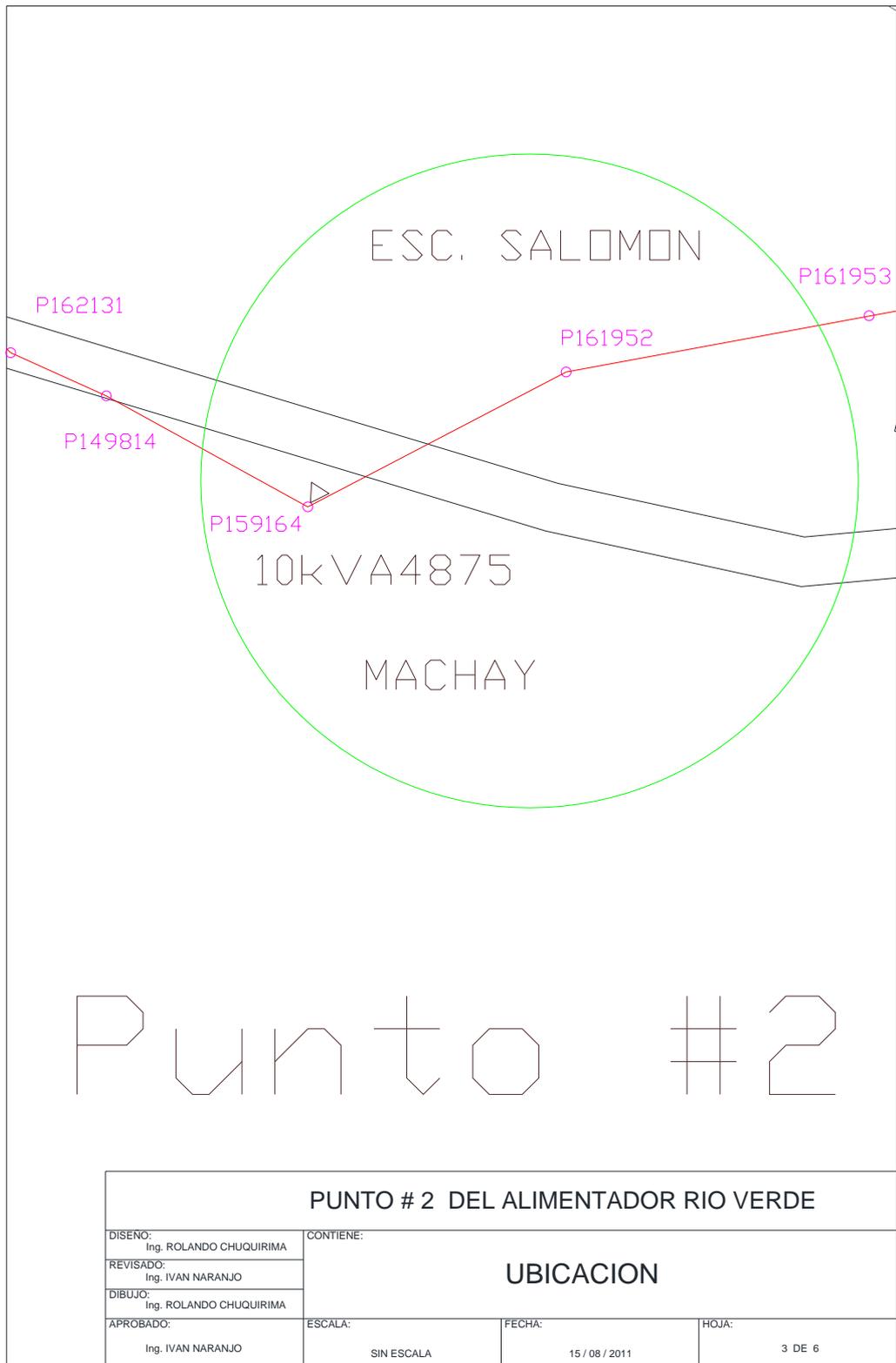


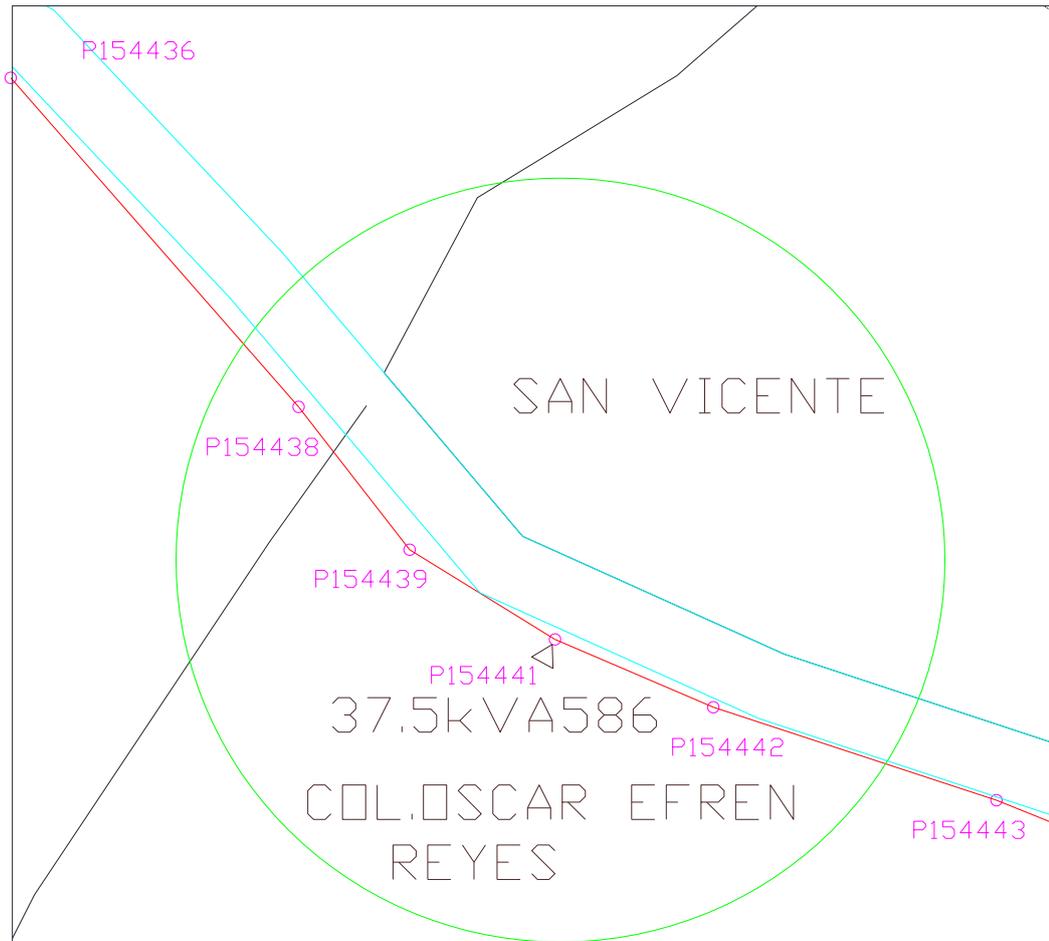
# Punto #5

PUNTO # 5 DEL ALIMENTADOR PICAIHUA			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6



<b>PUNTO # 1 DEL ALIMENTADOR RIO VERDE</b>			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6





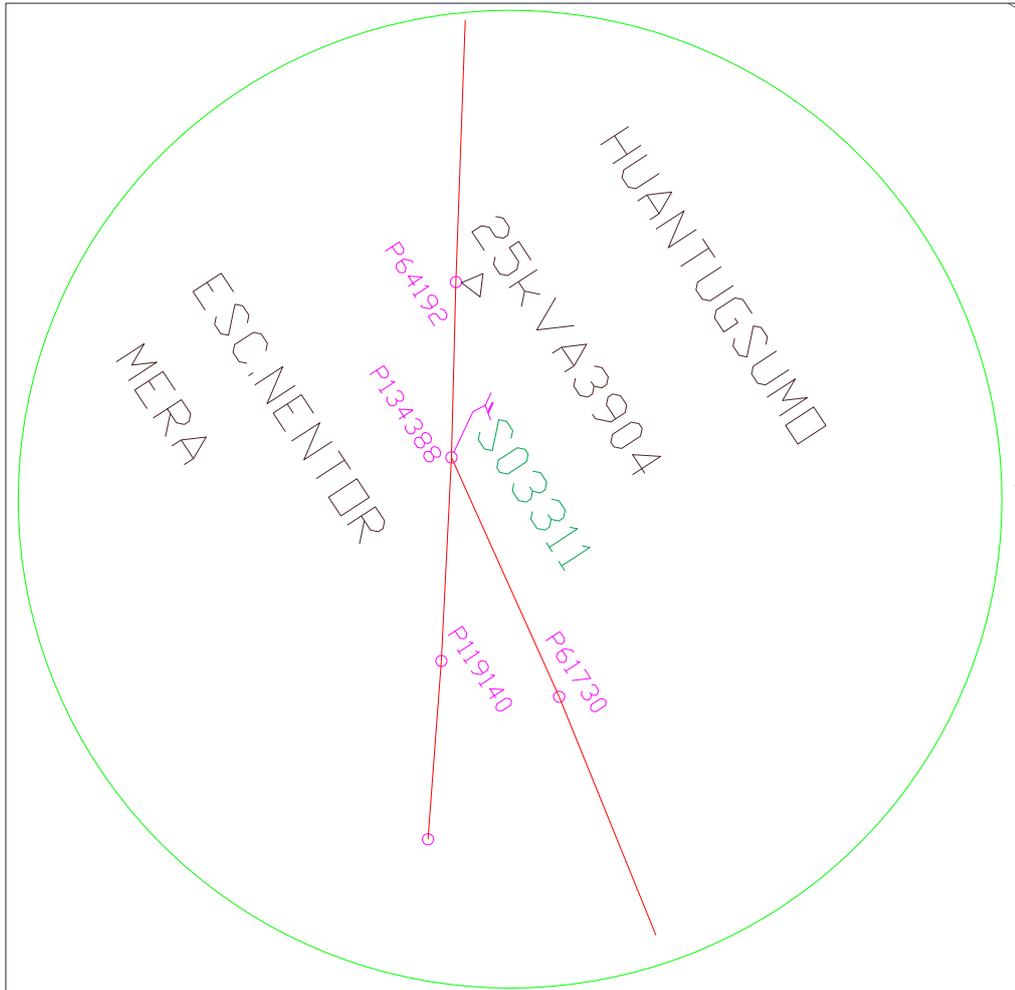
# Punto #3

<b>PUNTO # 3 DEL ALIMENTADOR RIO VERDE</b>			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	<b>UBICACION</b>		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO			
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6



# Punto #1

PUNTO # 1 DEL ALIMENTADOR SALASACA			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	UBICACION		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6



# Punto #2

PUNTO # 2 DEL ALIMENTADOR SALASACA			
DISEÑO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA	CONTIENE:		
REVISADO: Ing. IVAN NARANJO	<b>UBICACION</b>		
DIBUJO: Ing. ROLANDO CHUQUIRIMA			
APROBADO: Ing. IVAN NARANJO	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 15 / 08 / 2011	HOJA: 3 DE 6

