

UNIVERSIDAD CENTRAL

ESCUELA DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

MAPEO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO A LO LARGO DEL CIRCUITO
NARANJO ESTADIO EN EL CANTÓN DE NARANJO

MODALIDAD: SEMINARIO DE GRADUACIÓN

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ingeniería como requisito parcial para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

AUTOR: JUAN RUBÉN ARCE FONSECA

TUTOR: ING. MARIO BALLAR

SAN JOSÉ, COSTA RICA
DICIEMBRE DE 2024

Dedicatoria

A mi esposa, Ana Marcela, quien no deja de apoyarme.

A mis hijos, que siguen mis pasos y espero que brillen mucho más que yo.

Con ellos quiero pasar siempre el resto de mi tiempo.

JUAN RUBÉN

Agradecimientos

Deseo agradecer, ante todo, a Dios, por la oportunidad que me ha brindado de trabajar en este proyecto como corona de mi carrera.

A mi esposa Ana Marcela. A mis hijos Fiorella, Sebastián y Noelia, por la paciencia y sacrificios que han realizado durante estos años, y que hoy nos permiten llegar a este momento.

A Henry, mi hermano del alma, quien sé que está siempre pendiente de mí, al igual que mis padres. Sé, que, desde el cielo, no dejan de alentarme en este momento.

A los profesores, porque de todos aprendí algo nuevo.

A todos los que, de una u otra manera, me dijeron que yo no podría llegar a mi meta, porque sus palabras no lograron desalentar mi espíritu; por el contrario, muchas veces fueron el aliento necesario para no desfallecer.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo principal evaluar la resistividad eléctrica del suelo en el circuito Naranjo-Estadio, cantón de Naranjo, Costa Rica, con el fin de determinar la adecuación de los sistemas de puesta a tierra, tanto existentes, como por construir, y proponer mejoras en ellos.

Se empleó el método de Wenner, utilizando un telurómetro, para medir la resistividad en 12 zonas previamente definidas. En cada zona se tomó 20 muestras.

Complementariamente, se realizó una encuesta al personal del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), para recabar información contextual.

Los resultados obtenidos permitieron elaborar un mapa de resistividad detallado del área de estudio. A partir de este mapa, se identificó zonas con valores de resistividad críticos, donde se recomienda mejorar los sistemas de puesta a tierra.

Principales conclusiones:

- El método de Wenner demostró ser eficiente para caracterizar la resistividad del suelo en el área de estudio.
- Los resultados evidencian la necesidad de optimizar los sistemas de puesta a tierra en determinadas zonas, a fin de garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas y reducir el riesgo de incidentes.

Recomendaciones:

- Impartir capacitaciones al personal del ICE, sobre la importancia de los sistemas de puesta a tierra y la interpretación de los resultados obtenidos.
- Extender el estudio a otros circuitos para obtener una visión.

ÍNDICE GENERAL

Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras.....	xiv
Índice de Gráficos	xv
CAPÍTULO I. Introducción	1
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Objetivos del Estudio.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Justificación.	4
1.4 Antecedentes.....	12
CAPÍTULO II. Marco Teórico.....	21
2.1 Marco Contextual	22
2.1.1 Descripción del Contexto	22
2.1.2 Marco Institucional.....	25
2.2 Descripción del proceso por mejorar.....	27
2.2.1 Medición actual de puestas a tierra en las redes de distribución.....	27
2.2.2 Equipos instalados en la red de distribución eléctrica	28
2.2.3 Mapeo de resistividad del terreno	30
CAPÍTULO III. Marco Metodológico	33
3.1 Tipo de Investigación.....	34
3.2 Sujetos y fuentes de información	35
3.2.1 Personal del ICE.....	35
3.2.2 Fuentes de información	36
3.2.3 Variables de estudio	37
3.3 Descripción Instrumental	38
3.4 Alcances.....	43
3.4.1 Alcances	43
3.4.2 Limitaciones	44
3.5 Proceso de Recolección y Análisis de Datos	45
3.6 Soluciones previstas luego de la investigación	45
CAPÍTULO IV. Análisis de Resultados	47
4.1 Análisis de Resultados	48
4.2 Subárea Palmitos	50

4.3	Subárea Concepción.....	60
4.4	Subárea Vaca Muerta	75
4.5	Subárea Dulce Nombre	83
4.6	Subárea Guarumal	94
4.7	Subárea Candelaria	104
4.8	Subárea El Muro.....	113
4.9	Subárea La Puebla	123
4.10	Subárea La Cueva	130
4.11	Subárea San Juanillo.....	139
4.12	Subárea El Común	145
4.13	Subárea Cirrí	152
4.14	Mapeo general de resistividad a lo largo de la red eléctrica del ICE.....	157
CAPÍTULO V. Conclusiones y Recomendaciones		161
5.1	Conclusiones	162
5.2	Recomendaciones.....	163
Referencias Bibliográficas Y Electrónicas.....		165
Anexos.....		168
ANEXO 1	CUESTIONARIO DE ENCUESTA A TÉCNICOS DEL ICE EN NARANJO	168
ANEXO 2	NOMOGRAMA DE TOMA DE TIERRA PARA DEFINIR LOS VALORES DE RESISTENCIA DEL TERRENO.....	172
ANEXO 3	TABLA PARA LA MULTIPLICACIÓN DE FACTORES PARA VARIOS ELECTRODDOS	173
ANEXO 4	TABLAS Y GRÁFICOS DE LA ENCUESTA APLICADA AL PERSONAL TÉCNICO DEL ICE EN NARANJO SOBRE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO A LO LARGO DE LA REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE NARANJO	174
Glosario.....		195
Listado de nomenclaturas		197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Datos obtenidos y calculados luego de la medición con el telurómetro en la Subárea de Palmitos.....	49
Tabla 4.2: Fórmula para bajar la resistividad con la inclusión de una malla de dos electrodos en punto de medición de Bajo La Chanchera	52
Tabla 4.3: Fórmula para mejorar la resistividad con dos varillas en el sector de Calle Villalobos.....	53
Tabla 4.4: Fórmula aplicada para instalar una malla de dos varillas en el punto de medición de Las Ventas en Río Grande.....	54
Tabla 4.5: Fórmula aplicada para instalar malla de dos electrodos en el punto de medición de bajo los Feos.....	55
Tabla 4.6: Fórmula de tres electrodos aplicada al punto de medición Bajo Los Feos	55
Tabla 4.7: Fórmula para mejorar la resistencia aplicada al punto de medición de Bajo Los Locos.....	56
Tabla 4.8: Tabla con datos corregidos tras la aplicación de las fórmulas.....	57
Tabla 4.9: Datos de medición por puntos, realizada en la Subárea Concepción	60
Tabla 4.10: Fórmula de dos electrodos aplicada al punto de medición Carbachez. Valor obtenido tras el cálculo 24Ω	63
Tabla 4.11: Fórmula de tres electrodos aplicado al punto de medición Carbachez. Valor obtenido al realizar el cálculo 11Ω	64
Tabla 4.12: Fórmula de cuatro electrodos aplicada al punto de medición Carbachez. Valor de la resistencia final 8Ω	65
Tabla 4.13: Fórmula de dos varillas aplicada al punto de medición del Rancho Mirador. Valor de la resistencia obtenida 11Ω	65
Tabla 4.14: Aplicación de la fórmula para tres varillas en el punto de medición Rancho Mirador. Valor de la resistencia $7,9 \Omega$	66
Tabla 4.15: Aplicación de la fórmula para dos varillas en punto de medición de vuelta de Juan. Valor de la resistencia calculada $5,6 \Omega$	67
Tabla 4.16: Aplicación de la fórmula de dos varillas para el punto de medición ubicado en recta Zepillín. Valor obtenido $7,2 \Omega$	67
Tabla 4.17: Fórmula de dos varillas para el sector de Calino. Valor obtenido luego de realizar el cálculo respectivo $7,5 \Omega$	68
Tabla 4.18: Fórmula aplicada con dos varillas para el sector del Cerro Espíritu Santo. Valor obtenido tras el cálculo $23,9 \Omega$	69
Tabla 4.19: Fórmula aplicada para tres varillas en el sector del Cerro Espíritu Santo. Valor obtenido 16Ω	69
Tabla 4.20: Cálculo de resistividad utilizando cuatro varillas. Valor de resistencia obtenido 13Ω	70
Tabla 4.21: Cálculos realizados con dos varillas en el sector de la entrada al Cerro. Valor obtenido, 8Ω	70
Tabla 4.22: Datos de la medición de puntos con los valores de resistividad y resistencia corregidos, Concepción	72
Tabla 4.23: Datos de medición por puntos en la Subárea de Vaca Muerta	75
Tabla 4.24: Aplicación de la fórmula para mejorar la resistencia con dos varillas para tierra.....	78
Tabla 4.25: Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector de Casa de Chico.....	78
Tabla 4.26: Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector de Casa de Marcos.....	79
Tabla 4.27: Aplicación de la fórmula de dos varillas par el punto de medición del Antiguo Hospital	79
Tabla 4.28: Cuadro con los nuevos datos de resistividad y resistencia, luego de realizar los cálculos con la fórmula para dos varillas para tierra.....	80
Tabla 4.29: Datos de medición por puntos en la Subárea de Dulce Nombre	83
Tabla 4.30: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Unidad, Dulce Nombre.....	86
Tabla 4.31: Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector de Licorera Don Pepe, Dulce Nombre	87
Tabla 4.32: Aplicación de la fórmula de cuatro varillas en el sector de la Licorera Don Pepe, en Dulce Nombre	87
Tabla 4.33: Aplicación de la fórmula de dos varillas en el sector de La Fuente, en Dulce Nombre	88
Tabla 4.34: Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector El Aserradero, Dulce Nombre	89
Tabla 4.35: Aplicación de la fórmula de dos varillas en Pilas, Dulce Nombre.....	89

Tabla 4.36: Aplicación de la fórmula de dos varillas en el sector de la Escuela, Dulce Nombre	90
Tabla 4.37: Aplicación de la fórmula de dos varillas en Calle Monge, Dulce Nombre.....	90
Tabla 4.38: Nuevos datos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea Dulce Nombre	91
Tabla 4.39: Datos obtenidos tras la medición de puntos en la Subárea Guarumal	94
Tabla 4.40: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Niña Olga, Subárea Guarumal.....	96
Tabla 4.41: Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector Niña Olga, Subárea Guarumal	96
Tabla 4.42: Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector Niña Olga, Subárea Guarumal	97
Tabla 4.43: Aplicación de la fórmula de dos varillas, Miramontes, Subárea Guarumal	98
Tabla 4.44: Aplicación de la fórmula de tres varillas, sector Miramontes, Subárea Guarumal	98
Tabla 4.45: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Plaza, Subárea Guarumal	99
Tabla 4.46: Aplicación de la fórmula de tres varillas, sector La Plaza, Subárea Guarumal	99
Tabla 4.47: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector El Ebais, Subárea Guarumal	100
Tabla 4.48: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Los Tamuga, Subárea Guarumal.....	100
Tabla 4.49: Datos de la medición de puntos con los valores de resistividad y resistencia corregidos, Concepción	101
Tabla 4.50: Datos obtenidos tras la medición de la Subárea Candelaria	105
Tabla 4.51: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Colegio, Subárea Candelaria	108
Tabla 4.52: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Las Américas, Subárea Candelaria.....	108
Tabla 4.53: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Cinco Esquinas, Subárea Candelaria	109
Tabla 4.54: Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector Cinco Esquinas, Subárea Candelaria	109
Tabla 4.55: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Taller de Lavadoras, Subárea Candelaria	110
Tabla 4.56: Datos obtenidos con la aplicación de las fórmulas de corrección, en resistencia y resistividad	111
Tabla 4.57: Datos obtenidos al medir varios sectores en la Subárea El Muro.....	114
Tabla 4.58: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Iglesia, Subárea el Muro.....	116
Tabla 4.59: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Escuela, Subárea el Muro	117
Tabla 4.60: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Bomba de Jorge Barrientos, Subárea el Muro	118
Tabla 4.61: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Maravilla, Subárea El Muro	118
Tabla 4.62: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector el Muro, Subárea el Muro.....	119
Tabla 4.63: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector San Juan, Subárea del Muro	119
Tabla 4.64: Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector San Juan, Subárea el Muro.....	120
Tabla 4.65: Datos obtenidos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea El Muro	121
Tabla 4.66: Datos obtenidos tras la medición de puntos en la Subárea La Puebla	123
Tabla 4.67: Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, Sector Rancho Mell, Subárea La Puebla	125
Tabla 4.68: Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector La Chilera, Subárea La Puebla.....	125
Tabla 4.69: Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector Colegio Bilingüe, Subárea La Puebla	126
Tabla 4.70: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Rincón Grande, Subárea La Puebla	126
Tabla 4.71: Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector El Aeropuerto, Subárea La Puebla	127
Tabla 4.72: Nuevos datos obtenidos tras la corrección por medio de las fórmulas de AEMC, Subárea La Puebla	127
Tabla 4.73: Datos obtenidos tras la medición en la Subárea La Cueva	130
Tabla 4.74: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Cantina La Flor, Subárea La Cueva.....	132

Tabla 4.75: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Plaza, Subárea La Cueva	133
Tabla 4.76: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector El Salón Comunal, Subárea La Cueva.....	134
Tabla 4.77: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Recibidor Coopronaranjo, Subárea La Cueva	134
Tabla 4.78: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Los Laureles, Subárea La Cueva	135
Tabla 4.79: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Finca Morazán, Subárea La Cueva.....	135
Tabla 4.80: Nuevos datos obtenidos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea La Cueva.....	136
Tabla 4.81: Datos obtenidos tras la medición de los sectores de la Subárea San Juanillo	139
Tabla 4.82: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector San Juan, Subárea San Juanillo	141
Tabla 4.83: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Los Pilonos, Subárea San Juanillo	141
Tabla 4.84: Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Plaza, Subárea San Juanillo.....	142
Tabla 4.85: Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector San Juanillo	143
Tabla 4.86: Nuevos datos obtenidos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea San Juanillo	143
Tabla 4.87: Datos obtenidos tras la medición en la Subárea El Común	145
Tabla 4.88: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Matamoros, Subárea El Común	147
Tabla 4.89: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Beneficio Viejo, Subárea El Común	148
Tabla 4.90: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Urba. Rojas, Subárea El Común.....	148
Tabla 4.91: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Carlos Chacón, Subárea El Común.....	149
Tabla 4.92: Nuevos datos obtenidos tras la aplicación de la fórmula de dos varillas, en la Subárea El Común.....	150
Tabla 4.93: Datos obtenidos tras la medición de sectores en la Subárea Cirrú.....	152
Tabla 4.94: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Quebrada Honda, Subárea Cirrú	154
Tabla 4.95: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Bajo Arrieta, Subárea Cirrú	154
Tabla 4.96: Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Los Jícaros, Subárea Cirrú	155
Tabla 4.97: Nuevos datos obtenidos luego de la aplicación de la fórmula de dos varillas en la Subárea Cirrú	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Extracto de la hoja geográfica de Naranjo. Sector donde se realiza este proyecto	24
Figura 2.2 Ubicación geográfica de la red de distribución eléctrica del sector en estudio.....	28
Figura 2.3 Mapa de Subáreas	31
Figura 3.1 Medidor de Resistencia del Terreno	42
Figura 4.1 Mapa Resistividad: Subárea Palmitos.....	58
Figura 4.2 Mapa Resistividad: Subárea Palmitos con lista de puntos y opciones de mejora en la resistividad	59
Figura 4.3 Mapa Resistividad: Subárea Concepción	73
Figura 4.4 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Concepción, con recomendaciones por punto de medición indicado	74
Figura 4.5 Mapa Resistividad, Subárea Vaca Muerta	81
Figura 4.6 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Vaca Muerta, con recomendaciones por punto de medición indicado.....	82
Figura 4.7 Mapa Resistividad, Subárea Dulce Nombre	92
Figura 4.8 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Dulce Nombre, con recomendaciones por punto de medición indicado	93
Figura 4.9 Mapeo de Resistividad, Subárea Guarumal	102
Figura 4.10 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Guarumal, con recomendaciones por punto de medición indicado	104
Figura 4.11 Mapa Resistividad, Subárea Candelaria.....	112
Figura 4.12 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Candelaria, con recomendaciones por punto de medición indicado	113
Figura 4.13 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea El Muro, con recomendaciones por punto de medición indicado	122
Figura 4.14 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea La Puebla, con recomendaciones por punto de medición indicado	129
Figura 4.15 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea La Cueva, con recomendaciones por punto de medición indicado.....	137
Figura 4.16 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea San Juanillo, con recomendaciones por punto de medición indicado	144
Figura 4.17 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea El Común, con recomendaciones por punto de medición indicado.....	151
Figura 4.18 Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Cirrú, con recomendaciones por punto de medición indicado.....	156
Figura 4.19 Mapa General de Resistividad a lo largo de la red de distribución eléctrica de Naranjo	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Valores de resistividad medidos en la Subárea de Palmitos.....	50
Gráfico 4.2: Valores de resistencia obtenidos al aplicar los valores de resistividad medidos en el nomograma de AEMC.....	51
Gráfico 4.3: Valores de resistividad medidos en la Subárea de Concepción	61
Gráfico 4.4: Resistencia obtenida luego de la medición de resistividad en la Subárea de Concepción	62
Gráfico 4.5: Datos de resistividad obtenidos tras la medición en la Subárea Vaca Muerta	76
Gráfico 4.6: Mediciones obtenidas tras aplicar el nomograma de AEMC, para la Subárea de Vaca Muerta.....	77
Gráfico 4.7 Mediciones obtenidas tras la medición de la resistividad, Subárea Dulce Nombre	84
Gráfico 4.8: Resistencia obtenida tras la medición de resistividad en la Subárea de Dulce Nombre.....	85
Gráfico 4.9: Resistividad obtenida tras la medición en la Subárea de Guarumal	95
Gráfico 4.10: Resistencia obtenida tras las mediciones en la Subárea de Guarumal.....	95
Gráfico 4.11: Resistividad obtenida tras la medición de los sectores de la Subárea Candelaria	106
Gráfico 4.12: Resistencia obtenida tras la medición en la Subárea de Candelaria	107
Gráfico 4.13: Resistividad obtenida tras la medición en la Subárea El Muro	115
Gráfico 4.14: Resistividad obtenida tras las mediciones en la Subárea El Muro	116
Gráfico 4.15: Resistividad obtenida tras la medición en la Subárea de La Puebla.....	124
Gráfico 4.16: Resistencia obtenida tras la medición de la Subárea La Puebla.....	124
Gráfico 4.17: Resistividad obtenida tras la medición de sectores, Subárea La Cueva.....	131
Gráfico 4.18: Resistencia obtenida tras la medición de sectores, Subárea La Cueva.....	132
Gráfico 4.19: Resistividad obtenida tras la medición de datos en la Subárea de San Juanillo.....	140
Gráfico 4.20: Resistencia obtenida tras la medición de datos en la Subárea de San Juanillo.....	140
Gráfico 4.21: Resistividad obtenida tras la medición de la Subárea El Común.....	146
Gráfico 4.22: Resistencia obtenida tras la medición de los puntos en la Subárea El Común.....	147
Gráfico 4.23: Resistividad obtenida tras la medición de los sectores, Subárea Cirrú.....	153
Gráfico 4.24: Resistencia obtenida tras la medición de sectores, Subárea Cirrú.....	153

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

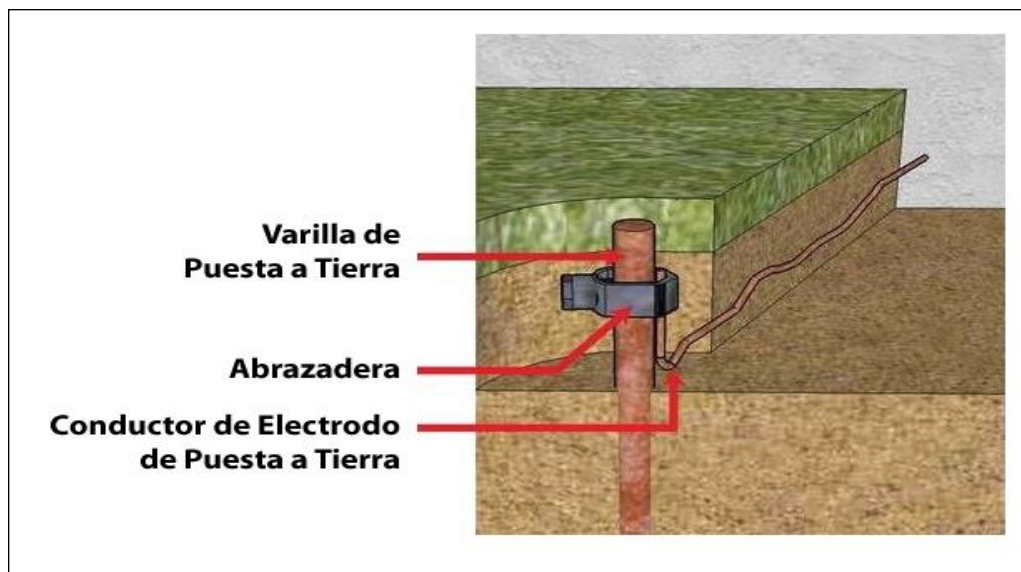
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tradicionalmente, la verificación de los sistemas de puesta a tierra se ha basado en la medición de la resistencia, en un punto específico de la instalación. Este valor, obtenido mediante un megómetro de gancho, suele reflejar la resistencia del conductor neutro de toda la red, más que la resistividad del suelo en sí.

Sin embargo, para una evaluación objetiva de la efectividad de un sistema de puesta a tierra, es fundamental conocer la resistividad del terreno, lo cual permite determinar, de manera precisa, el número de varillas de puesta a tierra necesarias para garantizar una conexión adecuada a tierra, en un nuevo servicio, independientemente de las características de la red eléctrica en general.

Figura 1.1

Ejemplo de sistema de puesta a tierra en una red de distribución eléctrica



Fuente: Adaptado de www.gtproyectos-peru.com.

Para llevar a cabo este estudio, se dividió el circuito en doce secciones y se seleccionó veinte puntos de medición en cada una. En cada punto, se dedicó una hora de trabajo de campo para realizar las mediciones de resistividad. En total, se invirtió 240 horas hombre en la toma de los datos.

Adicionalmente, se destinó dos horas por punto para el análisis de los datos y la elaboración de propuestas de mejora, sumando un total de 480 horas hombre dedicadas al análisis.

El análisis costo-beneficio indica que la implementación de las recomendaciones derivadas de este estudio, generaría un ahorro del 30 % en costos futuros, ya que permitiría optimizar el diseño y mantenimiento de la red eléctrica. El costo hora hombre, tanto en campo como en análisis, fue de ¢2350, lo que representa una inversión total de ¢7050 por punto analizado.

Es importante destacar que este estudio, no solo proporciona valores de resistividad del terreno, sino que también permite determinar la resistencia de puesta a tierra en diferentes tramos del circuito. Estos datos son fundamentales para garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos establecidos por ARESEP, los cuales establecen valores de resistencia de puesta a tierra límite de 10 ohmios, en puntos de transformación y protección, y 25 ohmios en puntos de conexión a la red.

Al conocer la resistividad del suelo en cada punto, se puede tomar decisiones más informadas sobre el diseño y la instalación de sistemas de puesta a tierra, mejorando así la seguridad y la eficiencia de la red eléctrica.

Como interrogante de este trabajo de investigación se plantea:

¿Es posible realizar un estudio de resistividad del suelo a lo largo del circuito Naranjo Estadio, para verificar que los sistemas de puesta a tierra cumplan con las normas técnicas de la ARESEP y garantizar la seguridad de la instalación eléctrica?

Hipótesis

La implementación de un estudio sistemático de la resistividad del suelo a lo largo del circuito Naranjo Estadio permitirá verificar que los sistemas de puesta a tierra cumplan con las normas técnicas establecidas por la ARESEP, lo que, a su vez, mejorará la seguridad y la eficiencia de todo el sistema de red de distribución, debido a que al medir la resistividad del suelo, se obtiene datos precisos sobre las características del terreno, que impactan directamente en la efectividad de los sistemas de puesta a tierra.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la variabilidad de los valores de resistividad del suelo en el circuito Naranjo-Estadio y su impacto en el cumplimiento de las normas técnicas de la ARESEP en los sistemas de puesta a tierra de este circuito y de los abonados conectados a él.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la resistividad del suelo en puntos estratégicos del circuito Naranjo-Estadio, con mediciones telúricas, para evaluar la condición actual de los sistemas de puesta a tierra.
- Establecer una base técnica para sustentar futuras propuestas de mejora en el diseño y mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra en el circuito Naranjo Estadio, a partir de los resultados obtenidos en las mediciones de resistividad, con el propósito de garantizar el cumplimiento de las normativas de la Aresep y optimizar su desempeño.
- Utilizar el método de Wenner para calcular la resistividad del suelo en diferentes puntos del circuito y determinar los valores óptimos de resistencia para los sistemas de puesta a tierra, considerando las condiciones del terreno.
- Elaborar un mapa de resistividad del suelo para el circuito Naranjo-Estadio, con el fin de establecer una línea base para el diseño y mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra, tanto en la red de distribución, como en las instalaciones de los abonados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado, el principal parámetro por determinar para establecer la resistencia de un sistema de puesta a tierra, lo constituye la resistividad del suelo. Su importancia se justifica por ser el suelo, el medio en el cual se ubica la mayoría de los componentes del sistema de puesta a tierra, y por ser este, el lugar de descarga final de las sobre corrientes y las descargas atmosféricas.

El suelo es un sistema complejo, naturalmente desarrollado, en el que tienen lugar procesos físicos, químicos y biológicos (Ruiz, 2003).

Consiste de componentes sólidos, líquidos y gaseosos, irregularmente dispuestos, variadamente asociados y en proporciones diversas. La parte sólida está conformada por minerales, óxidos hidratados, materia orgánica y organismos vivos; es la que se usa para caracterizar el suelo. La composición del suelo está estratificada en varias capas diferentes y, en consecuencia, al ser diferentes sus conformaciones y ubicaciones, de resistividades diferentes” (Consejería de Transición Ecológica y Energía, tomado de <https://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente>).

La resistividad es un parámetro que varía, de acuerdo con la composición química y conformación física del suelo, del grado de humedad y de la temperatura. Para la evaluación del valor o valores de la resistividad es necesario realizar mediciones previas en el terreno, donde se ubicará el sistema de puestas a tierras que, en este caso, será centrado en el circuito Naranjo Estadio.

El método empleado para determinar los valores de resistividad de una muestra o parcela de terreno es el de Wenner. Desarrollado por Frank Wenner, en 1916, el cual consiste en la ubicación de cuatro electrodos en forma lineal, igualmente separados y a distancias similares. Los electrodos de los extremos permiten la inyección de corriente, y los centrales posibilitan la medición de la tensión. La relación entre estas variables admite determinar la resistencia aparente del suelo, que luego por medio de cálculos e interpretaciones, se traduce en el valor de la resistividad.

El negocio de Distribución del ICE atiende al país por medio de cuatro regiones. Para los efectos de este estudio, el circuito Naranjo Estadio se ubica en el cantón de Naranjo, y pertenece a los circuitos que atiende la Región Central, Subregión Naranjo, la cual comprende las zonas los cantones de Grecia, Sarchí, Naranjo, Palmares y San Ramón.

En dicha subregión se ha considerado que los valores de resistividad son relativamente buenos o normales, por el tipo de suelo que se ubica a lo largo de esta región, el cual tiene características favorables para la conducción eléctrica. Adicionalmente, las mediciones realizadas en los sistemas de puesta a tierra en la subregión mayormente arrojan datos bajos en resistencia, pero sumados a la generalización del neutro.

De igual forma, la cantidad de averías reportadas por el CLOR Naranjo en referencia a sobrecorrientes, no sobrepasan el 6 %, lo que indica que, en una zona de alta frecuencia de descargas eléctricas, como lo es este cantón, el comportamiento de los sistemas de puesta a tierra son buenos, reflejando una resistividad adecuada. Como dato adicional, para la zona de Alajuela, que es donde se ubica este cantón y circuito, se estima por parte del Instituto Meteorológico Nacional, que anualmente se pueden presentar entre 8000 y 12 000 descargas eléctricas, solo en esta provincia. Esto no implica que, en algunos sectores, los valores de resistencia de puesta a tierra en los circuitos de estos cantones sean los óptimos.

De acuerdo con el Manual de Normas de Construcción de Redes de Distribución Eléctricas del ICE, se define que un valor de resistencia en un sistema de puesta a tierra es bueno u óptimo, cuando no supera los 10 ohmios (Ω) en los puntos de transformación y en los puntos de protección, (entiéndase puntos donde se instala un transformador, banco de transformadores, o un equipo de protección, etc.), con fundamento en las normas de Aresep, y siempre buscando un valor adecuado que permita el paso de la corriente hacia la tierra.

Para los puntos en los que la red de distribución no es un conductor continuo, sino que se dispone de terminaciones de unión, como los casos de aberturas y finales de red, el valor debe estimarse en 25 ohmios (Ω) como máximo, lo mismo que para todo servicio en baja tensión conectado a la red de distribución, en este caso, se debe entender los medidores o contadores eléctricos instalados para cada vivienda, o bien, local comercial o industrial.

Según el Centro Local de Operación de la Red de Naranjo, (CLOR), en la Región de Naranjo se cuenta con 1 600 km de red de distribución eléctrica en media tensión, para un total de 97 500 abonados servidos de esta red. Así mismo, por año, esta red se incrementa en 25 km, entre construcciones nuevas y reconstrucciones en la red dañada.

Esto conlleva un conocimiento, en su mayoría empírico, de los valores de resistencia de las puestas a tierra, al realizar las diferentes mediciones, únicamente en el momento de instalar equipos o medidores y siempre de forma posterior al diseño de las nuevas redes de distribución eléctrica, en media o baja tensión, o luego de crear nuevos puntos de entrega, etc. Sin embargo, el valor propio de la resistividad del terreno es desconocido.

No siempre la instalación de un solo electrodo en los sistemas de puesta a tierra garantiza la capacidad de dicho sistema para disipar de manera segura las corrientes de falla. Nada más lejos

de la realidad. Aunque se cuente con terrenos que tienen resistividad adecuada para las descargas, en la mayoría de los eventos o actividades, solo se instala una varilla para completar el sistema de puesta a tierra, y se acepta normalizada con valores de resistencia altos, lo que ocasiona que estos puntos no sean buscados por una descarga para disiparse en la tierra y buscará los puntos más sensibles de las redes, dañándola.

La práctica de instalar un solo electrodo se ha prolongado por años, reduciendo drásticamente los puntos de descargar adecuados en la red de distribución. Esta situación expone a transformadores, medidores, equipos y electrodomésticos a un mayor riesgo de daños por descargas eléctricas, convirtiendo a los sistemas de distribución en puntos vulnerables.

Aunado al aspecto descrito, de la red que se encuentra en operación, cada día se brinda en promedio un total de 35 servicios eléctricos nuevos, entre solicitudes nuevas y solicitudes que fueron rechazadas, y de nuevo actividades para su instalación, que se instalan en estas condiciones, en el mejor de los casos.

Generalmente, un 30 % de los servicios que han sido rechazados es por no cumplir con los valores establecidos para los servicios eléctricos en materia de puestas a tierra, a saber 25 ohmios (Ω). Sin embargo, hoy, debido a la escasez de personal, y dado que del medidor para adentro (acometida interna) la instalación es privada, el ICE solo mide el valor de la resistencia de puesta a tierra y, si es elevado, no se toma en consideración, excepto en obras construidas por particulares o en servicios nuevos, pues no se cuenta con el personal suficiente para proceder con una mejora del sistema de puesta a tierra, lo que va limitando, cada vez, la descarga de la sobre corriente. por medio de estos sistemas, y estas quedarán circulando por la red o las instalaciones, generando daños en los elementos conectados en estas.

Los problemas de puesta a tierra en las instalaciones eléctricas generan costos significativos, tanto para las empresas de servicios públicos como para sus clientes. Cuando una instalación es rechazada, debido a una incorrecta conexión de puesta a tierra, se genera gastos adicionales por mano de obra, materiales y tiempo perdido. A modo de ejemplo, un rechazo por este motivo puede incrementar el costo total de una instalación en un 25 %.

Una solución eficaz para prevenir estos inconvenientes es realizar un mapeo de resistividad del suelo, antes de llevar a cabo cualquier instalación. Esta técnica permite determinar la cantidad óptima de electrodos de puesta a tierra, garantizando con ello una conexión segura y confiable.

Al evitar rechazos y reinstalaciones, se optimiza los recursos y se disminuye los gastos operativos, además, se garantiza la seguridad de las instalaciones y se reduce el tiempo de atención a los clientes, quienes valoran la eficiencia y la calidad de los servicios, por lo que una instalación realizada correctamente, contribuye a mejorar su percepción de la empresa.

Con respecto a la construcción de líneas, se entiende que cada punto en que la red está abierta o finalice, se debe contar con un sistema de puesta a tierra. Lo mismo en los puntos sensibles de la red como los transformadores, por ejemplo. Cada sistema de puesta a tierra de una red implica una serie de materiales, como la varilla o electrodo, conectores y el cable de cobre que la unirá con el neutro generalizado. Este tiene un costo, según los presupuestos del ICE, por la suma de ¢120 000,00 entre materiales y mano de obra.

En el caso que una red se construya, se debe ir a mejorar los sistemas de puesta a tierra, estos costos de corrección ascienden a ¢132 000,00 pues la cuadrilla debe ir al sitio de nuevo, e instalar una varilla adicional, en el mejor de los casos. Se suma a este rubro el costo de viáticos y combustibles de los camiones.

En una obra de 15 postes, en la cual se cuenta con 10 aberturas o puntos sensibles, si no se toma en cuenta los valores correctos de resistividad para poder diseñar, se deberá ir de nuevo a mejorar estos puntos, pues no se puede aceptar una obra con valores altos en la resistencia. Esto implicaría un sobrecosto en lo presupuestado para dicha obra. Esta situación es muy común, como se verá en los datos obtenidos de las encuestas realizadas al personal.

El proyecto presenta la propuesta de realizar un mapeo de resistividad del terreno, necesario para optimizar la forma de trabajo de las cuadrillas del ICE en el sector de Naranjo, que atienden el circuito Naranjo Estadio y brindar una opción para que el ICE pueda asesorar a los abonados de forma correcta, a la hora que estos requieran de la instalación de un servicio nuevo.

Está demás indicar que, a nivel de la Región central, está definido que existen tres procesos para atender la red de distribución: las Áreas de Desarrollo, Mantenimiento y Operación, de las cuales existen una de cada una para la subregión Naranjo, y otra, para la subregión Alajuela. La cual, por espacio y tiempo, y para efectos académicos, será realizado como un plan piloto en el circuito Naranjo Estadio del cantón de Naranjo, Alajuela, posteriormente, el modelo implementado en este proyecto, será utilizado para calcular el valor de resistividad en toda la zona, que abarca la subregión Naranjo y se buscará implementar a nivel regional.

Figura 1.2

Perfil del tipo de suelo Andisol



Fuente: Tomado de la USC.

El proyecto se desarrolló en el cantón de Naranjo, el cual cuenta con un área de 126,62 kilómetros cuadrados, el cual, en su mayoría, posee red de distribución ICE. En este lugar se cuenta con una topografía quebrada y con una amplia variedad de suelos, entre los cuales, los más destacados son los Andisoles.

La adecuada puesta a tierra de las instalaciones eléctricas es un aspecto fundamental para garantizar la seguridad de personas y equipos, así como para asegurar la continuidad del servicio eléctrico. La resistividad es una propiedad eléctrica, que caracteriza la capacidad del terreno para conducir las corrientes eléctricas de falla, es un parámetro esencial en el diseño y verificación de los sistemas de puesta a tierra.

El circuito Naranjo Estadio, al ser una infraestructura eléctrica de relevancia para la comunidad, requiere de un análisis detallado de las condiciones del terreno en el que se encuentra. La variabilidad de la resistividad del suelo a lo largo del circuito puede ser causada por factores como la composición del suelo, la presencia de agua subterránea, la humedad y la temperatura.

Estas variaciones pueden afectar, significativamente, el desempeño de los sistemas de puesta a tierra, generando riesgos, tales como:

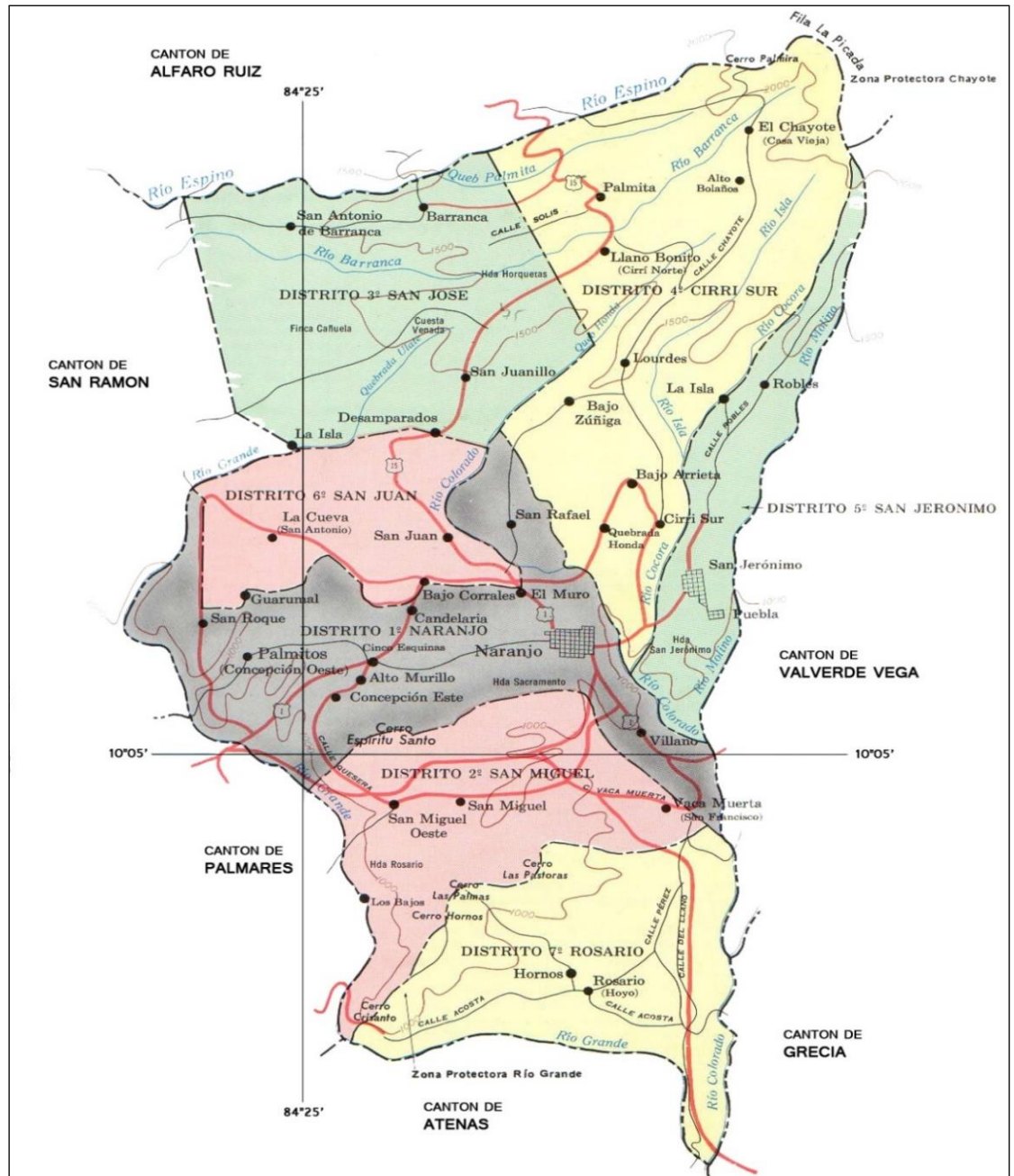
- Aumento del potencial de contacto y paso, exponiendo a personas y animales a descargas eléctricas peligrosas.
- Disminución de la eficiencia de los sistemas de protección, como los dispositivos de protección contra sobrecorrientes y los pararrayos.
- Interferencias en las comunicaciones, que afectan el funcionamiento de equipos electrónicos sensibles.

El objetivo principal de esta investigación es realizar un mapeo detallado de la resistividad del terreno a lo largo del circuito Naranjo Estadio en el cantón de Naranjo. Mediante esta caracterización, se busca obtener información precisa sobre la distribución espacial de la resistividad del suelo, lo cual permitirá:

- Evaluar la efectividad de los sistemas de puesta a tierra existentes: Identificando zonas con alta resistividad, que puedan requerir medidas correctivas.
- Optimizar el diseño de nuevos sistemas de puesta a tierra: Garantizando que cumplan con los requisitos normativos y aseguren un nivel adecuado de protección.
- Establecer un plan de mantenimiento preventivo: Con el fin de prolongar la vida útil de las instalaciones y reducir el riesgo de fallas.

Figura 1.3

Mapa del cantón de Naranjo, cantón 206 de Alajuela



Fuente: Atlas cantonal, http://www.mapasdecostarica.info/atlascantonal/hojas/206_naranjo.htm

Los resultados de esta investigación proporcionarán una base confiable para la toma de decisiones relacionadas con la seguridad eléctrica en el circuito Naranjo Estadio. Además, este

estudio puede servir como referencia para futuras investigaciones en otras zonas del cantón y contribuir al avance del conocimiento en el campo de los sistemas de puesta a tierra.

1.4 ANTECEDENTES

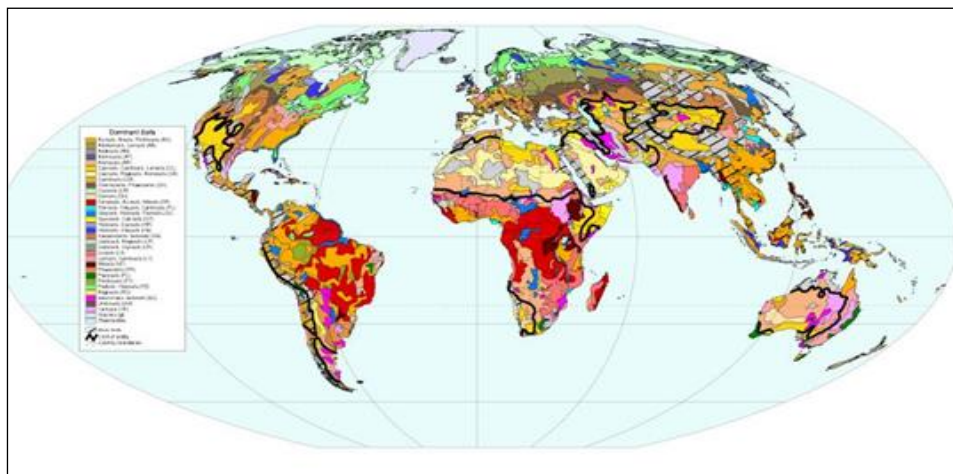
La resistividad del suelo es la propiedad que tiene este para conducir electricidad. Este es el factor más importante de la resistencia del suelo (Manual de Diseño, Construcción y Mantenimiento de Sistemas de Puesta a Tierra para subestaciones, ICE 1996), por eso, se debe conocer, para poder calcular y diseñar las resistencias en las puestas a tierra en los diferentes sistemas de distribución eléctrica, así como en las instalaciones eléctricas de los usuarios de estos.

Como es conocido, los tipos de terrenos que conforman nuestro planeta son muy diversos. La FAO-Unesco han definido que, en el mundo existen 107 diferentes tipos de suelos, por medio de un mapa mundial de suelos, publicado en 1999, entre los cuales es posible encontrar algunos muy ricos en materias orgánicas y que, por lo tanto, están muy saturados de humedad por un largo periodo. Existen suelos que son formados por la acción humana, creados por la movilización de tierras.

En esta gran variedad de suelos, es posible encontrar terrenos arenosos, otros con gran escasez de humedad; otros muy ricos en minerales y en sales solubles. Asimismo, no puede esperarse que el comportamiento sea igual en todos los terrenos.

Figura 1.4

Mapa de Suelos Mundial

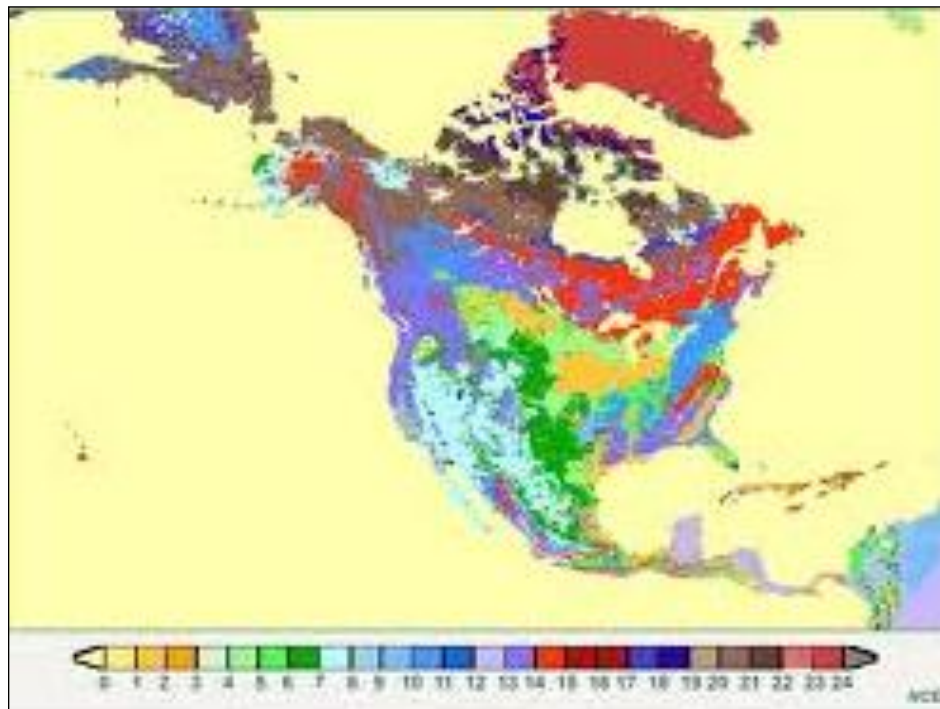


Fuente: Tomado de la Base de Datos de la FAO de los Años 70.

A nivel de nuestro continente, la FAO-Unesco ha determinado la misma variedad de suelos a lo largo de toda América. Es así como en América del Norte puede encontrarse que, en la parte norte del continente, Groenlandia, los climas son muy fríos, lo que nos entrega un suelo poco evolucionado. En Canadá, el suelo es muy similar, pero no así en México y Estados Unidos, donde la variedad de suelos supera los 97 tipos.

Figura 1.5

Mapa de Tipos de suelo de Norte América



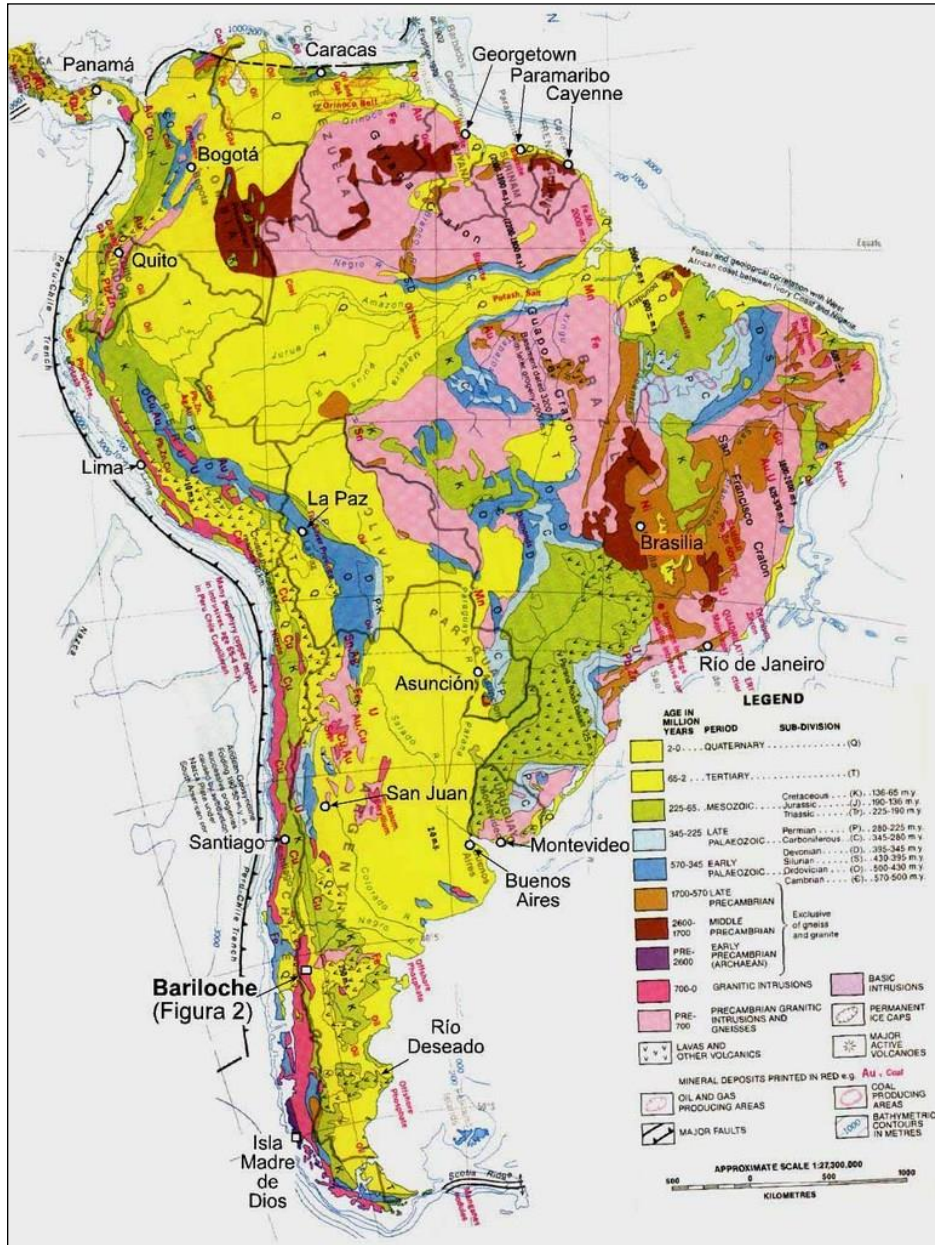
Fuente: Tomado de la Base de Datos de la FAO de los Años 70.

En la parte sur de nuestro continente, las condiciones son muy similares a las presentadas en la parte norte. Sin embargo, acá existe mucho predominio de las tierras volcánicas y fluviales. Al igual que en otras zonas del planeta, hay zonas desérticas, pero atacadas por el frío, lo que hace que los terrenos sean un poco más infértiles.

En Centroamérica, por el tipo de clima tropical, los suelos son muy fértiles, en especial, porque son de origen volcánico, lo que hace que el suelo sea muy rico en minerales. Esto trae un tipo de suelo que puede presentar un diferente impacto en la resistividad.

Figura 1.6

Mapa de suelos de América del Sur



Fuente: Tomado de Geología Venezolana.

En la mayoría de los países del istmo, es necesario que los valores de resistencia en los sistemas de puesta a tierra sean bajos. En Estados Unidos, por ejemplo, en el Código Eléctrico en el artículo 100, se define que una conexión a tierra adecuada es “una conexión conductora de electricidad ya sea de forma intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y la

tierra o cualquier otro cuerpo conductor de electricidad que pueda sustituir a la tierra” (NEC, artículo 100, última versión).

De igual forma, en este país, el NEC define que los valores óptimos de una resistencia en un sistema de puesta a tierra, de forma ideal, siempre deberá ser cero ohmios, o un valor lo más cercano posible. Sin embargo, la NFPA y la IEEE, recomiendan un valor de ohmios como el adecuado. En este aspecto, en Estados Unidos, el NEC define que es necesario que “la impedancia del sistema a tierra sea menor a los 25 ohmios” (NEC versión actualizada), e incluso, dicho código recomienda o indica que, para instalaciones sensibles, los valores de resistencia en los sistemas de puesta a tierra sean de 5 ohmios (NEC 250.56, última versión).

A nivel de la región centroamericana, al estar ajustados a lo indicado en el NEC, así como a las normas de la NFPA y la IEEE, el comportamiento es similar en cuanto a los valores de resistencia definidos para contar con sistemas de puesta a tierra, que permitan el adecuado flujo de corrientes hacia la tierra.

En esta línea, se entiende que la resistividad en el terreno es un factor muy importante en el diseño, operación y mantenimiento de las redes de distribución eléctrica, ya que afecta de forma directa la efectividad de los sistemas de puesta a tierra.

En países como Brasil se ha realizado investigaciones en diversas regiones midiendo la resistividad del terreno, tanto en áreas urbanas como rurales y se han encontrado variaciones significativas que influyen en la elección de materiales y métodos de instalación de sistemas de puesta a tierra. Por ejemplo, en las ciudades encontraron valores entre los 10 a los 500 ohmios por metro, determinando que en donde hay una mayor concentración de edificios la resistividad tiende a ser mayor (Jao Carlos Santos, Universidad General de Minas Gerais, consulta 20 de octubre del 2024).

En Sudáfrica se han realizado algunos análisis comparativos en diferentes estados, mostrando que la composición del suelo afecta individualmente los valores de resistividad, lo que indica que es necesario siempre realizar estudios en forma local, antes de instalar sistemas de puesta a tierra. Por ejemplo, según estos estudios, los suelos arcillosos mostraron valores de resistividad de hasta 80 ohmios metro, mientras que los arenosos llegaron a valores de 200 ohmios metro. Este tipo de valores afecta por completo cualquier sistema de puesta a tierra (Dr. Siphon Ndlovu, Universidad de Ciudad del Cabo, consulta 20 de octubre del 2024).

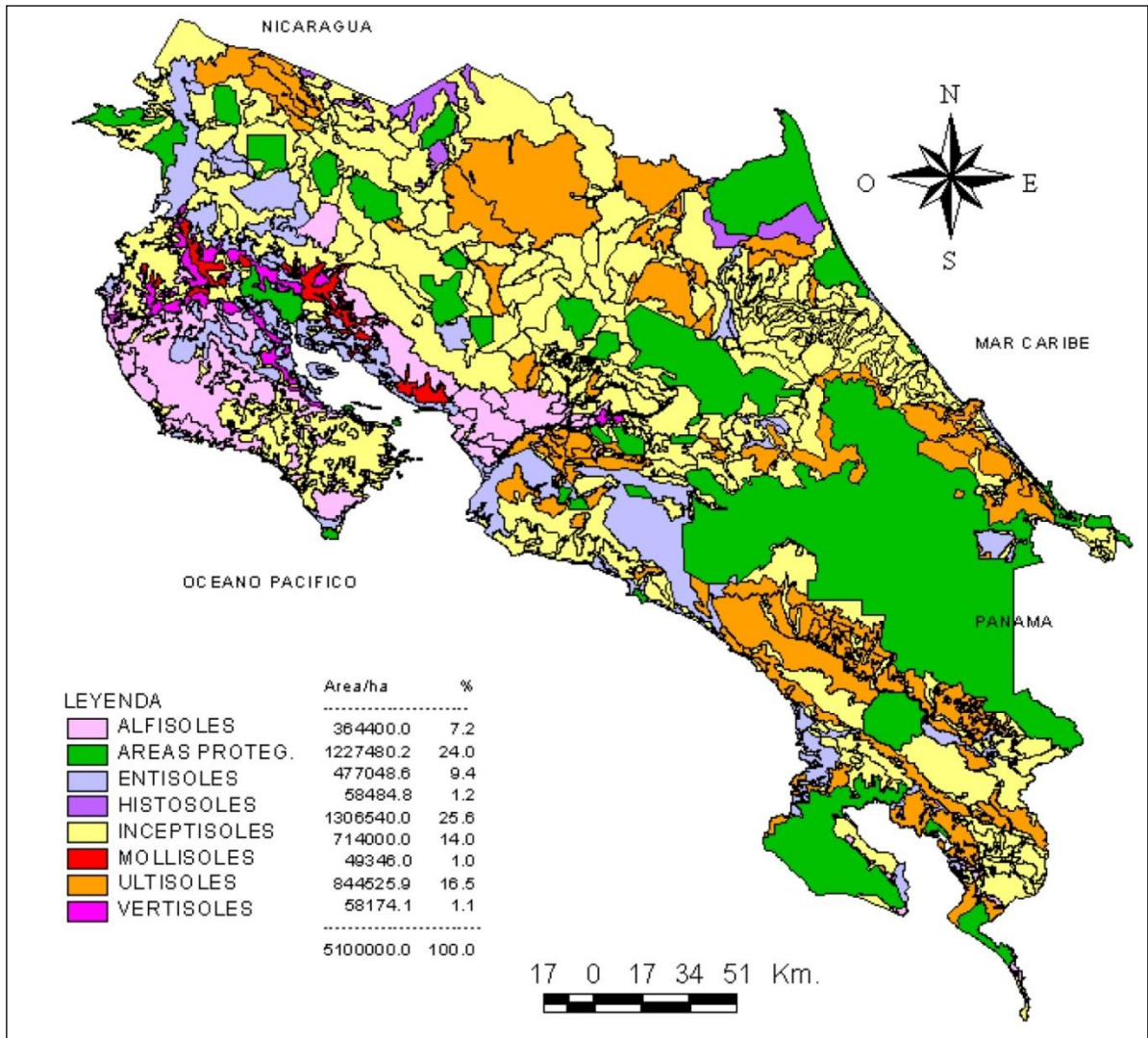
En nuestro continente, en Estados Unidos, la Universidad de Alabama llevó a cabo un estudio que relaciona la resistividad del terreno con las fallas en los sistemas eléctricos. En este se identificó que suelos con alta resistividad aumentan la probabilidad de descargas eléctricas en instalaciones mal diseñadas. En este estudio se resalta la importancia de medir la resistividad del terreno antes de diseñar sistemas eléctricos, para así asegurar su efectividad y seguridad (Dr. David M. Tilley, Universidad de Alabama, consulta 20 de octubre del 2024).

En Costa Rica, aunque es un país pequeño, existe gran diversidad de suelos. Los más comunes son Vertisoles, Andisoles, Alfisoles, Ultisoles e Inceptisoles. Los Vertisoles son suelos con poco drenaje, ricos en SI, CA y Mg. Se ubican en zonas planas y depresionales del Pacífico seco. También, pueden ubicarse en el Valle Central en condiciones similares, lo que equivale a un 2 % del territorio costarricense.

Los Andisoles son suelos derivados de material volcánico. Estos se ubican en la zona central del país, las faldas de las cordilleras y en las cercanías de la frontera con Panamá. Esto equivale a un 14 % del territorio nacional. Los Alfisoles y Ultisoles son los suelos más viejos y meteorizados del país; es el suelo “rojo”. Se presenta en ambientes muy secos, en especial, en la zona norte y sur y en el Pacífico central del país. Abarcan el 31 % de territorio nacional.

Figura 1.7

Mapa de suelos de Costa Rica



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería - www.mag.go.cr.

En Costa Rica, los suelos Inceptisoles están ampliamente distribuidos. Cubren un 39 % del país y pueden encontrarse en todo el territorio. Es un suelo de origen meteorizado y son poco problemáticos.

La resistividad está muy ligada al tipo de suelo que se encuentre en una región determinada. Se está claro en el tipo de suelos que existe en Costa Rica y, más específicamente, en el cantón de Naranjo. Ahora bien, no se puede definir que el valor de la resistividad de una tierra es el mismo en toda una región, un cantón e, incluso, una parcela de dicho cantón o, en este caso, a lo largo de

un circuito de distribución, que se extenderá por varios sectores, en los cuales se presenta diversos tipos de suelos. Conocer los valores de la resistividad del suelo en puntos específicos permitirá diseñar de una forma adecuada sistemas de puesta a tierra, tanto en los sistemas de distribución, como en los sistemas eléctricos en baja tensión de las viviendas servidas del circuito en estudio, que cumplan con una adecuada resistencia al paso de la corriente.

En Costa Rica, el ente regulador de los servicios públicos ARESEP, define en sus normas técnicas que las distribuidoras de electricidad deben velar porque en las instalaciones eléctricas se brinde un servicio de calidad, lo que contempla el valor de puesta a tierra, tanto en baja como en media tensión, el cual es definido por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RTIE), que es parte del Código Eléctrico de Costa Rica, bajo la supervisión de la Aresep y el ICE.

El capítulo 25 del RTIE se refiere, específicamente, a los sistemas de puesta a tierra. En el artículo 250.56, se establece que la resistencia de los sistemas de puesta a tierra no debe ser mayor de 25 ohmios. Si la medición excede este valor, se requiere la instalación de más electrodos para reducir la resistencia del sistema.

Propiamente en las redes de distribución, en especial, las construidas y operadas por el ICE, el Manual de Construcción de Líneas de Distribución define, en su capítulo 5 que, para los sistemas de puesta a tierra, en donde existan puntos sensibles, el valor máximo permitido es de 10 ohmios.

A nivel nacional, en el Instituto Costarricense de Electricidad se tiene gran interés sobre el adecuado comportamiento de sus sistemas de protección de puesta a tierra. Es importante indicar que el ICE, como empresa, tiene un organigrama, que busca atender las diversas necesidades de la población de una forma eficiente y con calidad. Dentro de dicho esquema, cuenta con un sector encargado del sector electricidad, conocido como Gerencia de Electricidad, el cual está dividido en tres grandes procesos, a saber: Generación, Transmisión y Distribución de la electricidad.

Cada uno de estos negocios, vela por la correcta operación de sus sistemas. Básicamente, lo sectores de Generación y Transmisión se han preocupado mucho por contar con sistemas de puesta a tierra, que mantengan resistencias muy bajas o en cero, para poder proteger, tanto la generación, subestaciones y las líneas de transmisión.

A nivel de Distribución no se han definido líneas claras y políticas destinadas a una mejora continua de los sistemas de puesta a tierra, lo que ocasiona, con mucha frecuencia, que las redes

de distribución sufran mucho con las descargas eléctricas, con el daño de transformadores, medidores, conductores y acometidas, generando pérdidas para la empresa y para los abonados de esta.

La importancia de los sistemas de puesta a tierra en los sistemas eléctricos se fundamenta en la necesidad de contar con un punto, al cual referir las tensiones de manera estable y la facilidad de inserción de las corrientes existentes en dichos sistemas. Un punto de especial cuidado son las subestaciones eléctricas, en donde los valores de resistencia deben ser un ohmio como norma estandarizada, según se define en el Manual de Normas de Construcción del ICE, en su capítulo 6. Los valores de resistencia en dichos sistemas son definidos por las normas técnicas de Aresep, en especial la norma AR-NT-SUCAL, que define los estándares de calidad a los que están sujetos las empresas distribuidoras de electricidad.

Sin embargo, en el Negocio de Distribución, la mayoría de las veces se define valores de puesta a tierra de una forma posterior a la intervención de las redes de distribución, sin tomar en cuenta los tipos de suelo y los valores de resistividad que estos puedan tener y utilizando el mismo modelo para cada abertura, cada transformador, cada medidor o cada elemento que lo requiera así.

Con un mapeo de resistividad del suelo, podrá preverse el tipo sistema de puesta a tierra que debe diseñarse para un sistema, la cantidad de electrodos, o como son conocidas en la región en estudio, varillas para puesta a tierra, si se requiere de una malla, o si se requiere de utilizar algún químico para lograr los valores óptimos de resistencia en una red o para la instalación de un servicio en específico.

En Costa Rica, se han realizado algunas investigaciones al respecto de este tema. Generalmente, se ha utilizado el método de Wenner (el método utilizado en este estudio), siempre enfocado en mejorar la seguridad y eficiencia de los sistemas de puesta a tierra.

Como se verá oportunamente, el método de Wenner permite determinar la composición del suelo en diferentes profundidades, sin necesidad de realizar excavaciones profundas. No se cuenta con un registro de estudios específicos sobre la resistividad del terreno, pero hay varias instituciones que han llevado a cabo algunos estudios y proyectos en este campo.

El grupo Mecsca ha realizado análisis técnicos de resistividad del terreno en proyectos de telecomunicaciones y redes eléctricas. Los estudios que ellos han realizado se centran en medir la

resistividad del suelo en diferentes condiciones geográficas, con el fin de mejorar y optimizar las mallas de puesta a tierra. Sus estudios permiten reducir la resistencia del suelo mediante compuestos mejorados, lo que incrementa la eficiencia de dichos sistemas (grupo Mecsa.com).

Una de las empresas que lleva la vanguardia en este tipo de estudios, pero más en la parte de Generación y Transmisión, que en la de Distribución, es el ICE. Esta empresa realiza los estudios con el objetivo claro de cumplir con las normas técnicas y sus manuales internos y asegurar la eficiencia de sus sistemas de tierra generalizados, en especial, en las subestaciones eléctricas. El resultado de estos estudios le permite definir, en especial, la ubicación de las subestaciones, garantizando que estas quedarán en lugares debidamente protegidos contra descargas atmosféricas y sobrecargas.

Por otro lado, y como complemento, universidades como la UCR también han realizado algunos estudios sobre resistividad en el terreno, bajo el contexto de mejorar la resistencia en los sistemas de puesta a tierra. Generalmente, estos estudios son enfocados desde el ámbito estudiantil y pruebas de grado, como proyectos de investigación para lograr un grado académico. No se tiene registros exactos de estos, pero son fundamentados en mejoras a la infraestructura eléctrica.

Para completar este enunciado, una vez realizado todo el proceso investigativo y el trabajo de campo, se espera poder generar un mapeo de resistividad que esté actualizado, en función de este circuito, pero que, a su vez, permita expandirlo a los demás circuitos de la zona e, incluso, a nivel regional.

Esto es un proyecto que conlleva mucha disciplina y orden, pero que se puede mantener actualizado, dado que los suelos están compuestos de diferentes elementos, lo que incidirá completamente en los valores de resistividad.

Se espera poder generar el sentido de responsabilidad en el personal de la institución y crear un valor agregado al diseño, operación y mantenimiento de las redes, así como la comercialización de los servicios eléctricos.

Se espera obtener datos que refuercen el hecho que no está considerando la resistividad como un valor real a la hora de instalar servicios, equipos o construir nuevas redes. De igual forma, se espera que estos datos brinden elementos suficientes para optimizar la operación y el mantenimiento de las redes de distribución y el cuidado de los equipos instalados en ellas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONTEXTUAL

2.1.1 Descripción del Contexto

Área Geográfica

Con base en la información brindada por la Municipalidad de Naranjo, el cantón de Naranjo está situado en la zona de Occidente, entre los cantones de Valverde Vega, Alfaro Ruiz, Grecia, Palmares, San Ramón, Atenas y Poás. Por su situación geográfica, se considera, en muchas ocasiones, como una ciudad de paso. A nivel de empresa, el ICE considera el cantón de Naranjo como el centro de operaciones estratégico para la zona de occidente de la Dirección Región Central, pues queda ubicado en el centro de los cantones mencionados.

Tiene un área de 126,62 km² y una población alrededor de los 49 369 habitantes al año 2021. Su altitud es de 1500 metros sobre el nivel de mar en su punto más alto, el distrito de San José, y en su cabecera de cantón o distrito central la altura es de 1043 metros sobre el nivel mar (Fuente: Municipalidad de Naranjo).

Este cantón se ubica en la provincia de Alajuela, a 67,2 km. de San José. Representa el sexto cantón de la provincia, rodeado de montañas, cafetales y ríos. Sus límites son: al norte con Alfaro Ruiz, al sur con Atenas, al este con Valverde Vega y Grecia y al oeste con San Ramón y Palmares (Fuente: Municipalidad de Naranjo).

El cantón de Naranjo tiene ocho distritos: Naranjo Centro, San Miguel, San José, Cirrú, San Jerónimo, San Juan, El Rosario y Palmitos (Fuente: Municipalidad de Naranjo).

El cantón de Naranjo forma parte de la unidad geomórfica de origen volcánico, la cual se divide en dos subunidades, denominadas volcán Poás, y cerros y valles del Aguacate.

La subunidad volcán Poás, se localiza hacia el norte de villa Rosario. Corresponde al macizo del mismo nombre, el más grande del país, que presenta laderas con todo tipo de pendientes. En esta subunidad se encuentran todo tipo de rocas volcánicas, principalmente de composición andesítica. Su forma se debe a la actividad volcánica que ha sostenido por varias centurias; donde la erosión lo afecta en determinados lugares, pero su forma actual es exclusivamente el resultado del cúmulo de diferentes coladas lávicas y de piroclastos (Fuente Municipalidad de Naranjo).

La subunidad de cerros y valles del Aguacate se encuentra al sur del cantón, en la margen del río Grande; el relieve está caracterizado por valles de laderas con muy fuerte pendiente y algunos sitios escarpados. Las divisorias suelen ser angostas. En ocasiones, el espacio interfluvial es ancho, entre dos ríos principales, pero con un relieve demasiado ondulado, debido a la presencia de anchos valles de pequeñas quebradas. La presencia de muchas colinas de forma cónica sugiere la existencia de viejos conos volcánicos. Está compuesta principalmente de rocas del tipo de las andesitas y basalto andesita. Se encuentra también lavas, piroclastos, aglomerados y corrientes de lodo, brecha e ignimbritas.

Posteriormente, a las rocas volcánicas ocurrió la intrusión de rocas de composición ácido y neutro ácido. Asociado a ella, se efectuó una mineralización de algunas zonas, dando origen a las vetas auríferas de la región. La acción hidrotermal coalinizante y silicificante produjo la descomposición y transformación de algunas rocas ya existentes. Esta subunidad es de origen volcánica, pero la erosión ha tomado parte en el modelado de algunas de sus formas (Fuente: Municipalidad de Naranjo).

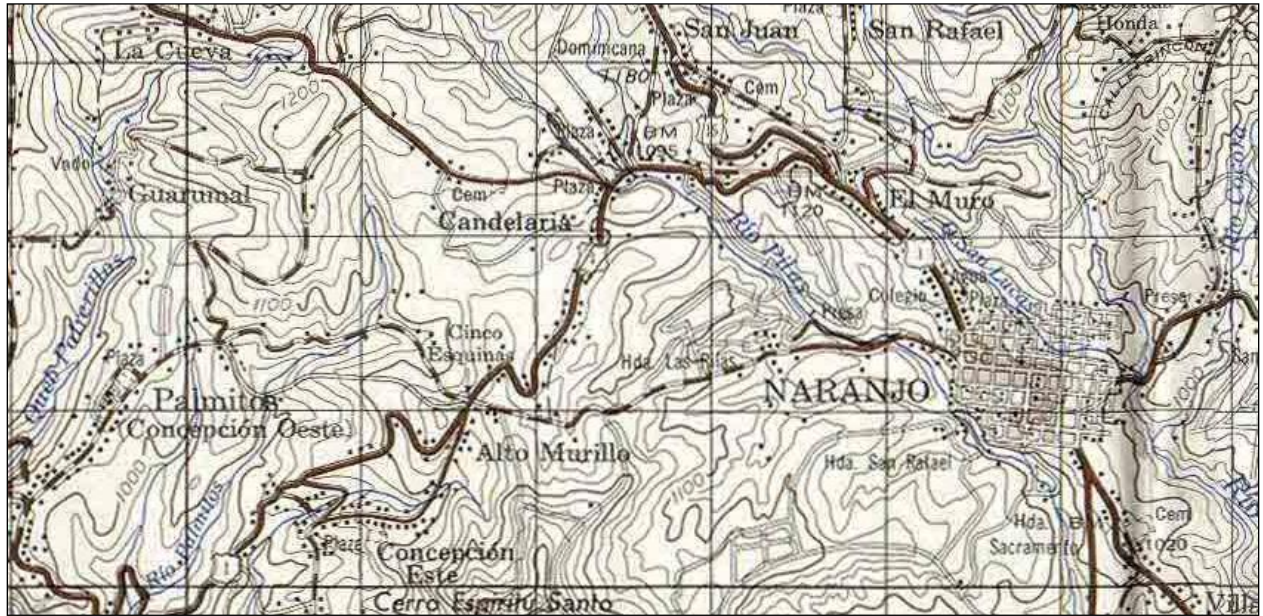
Ubicación del área territorial y aspectos espaciales del sitio de estudio

El estudio de resistividad del terreno se realizará en el 45 % del territorio del cantón de Naranjo, por cuanto, no en todo el cantón se encuentra el servicio eléctrico que brinda el ICE, pues en la zona norte del cantón, en los sectores de Llano Bonito, Cañuela, Barranca y la parte alta de San Juanillo, la empresa Coope Alfaro Ruiz es la que presta estos servicios, en concesión brindada por el ICE.

El terreno en Naranjo es típico de la agricultura y la actividad más fuerte a nivel económico es la cafetalera (Coopronaranjo R.L., 2010). El paisaje como tal es cafetero y los centros de ciudad se encuentran rodeados de cafetales, igual que en el campo, donde es más notorio este tipo de ambiente.

Figura 2.1

Extracto de la hoja geográfica de Naranjo. Sector donde se realiza este proyecto



Fuente: Costa Rica Digital.0

En Naranjo es posible ubicar diferentes empresas e instituciones, de las cuales los naranjeños se sirven para suplir sus necesidades básicas, entre estos se encuentran: El Mercado Municipal, calles asfaltadas y cercanía con la Carretera Interamericana, El sitio de realización de la Feria del Agricultor, paradas de buses a San José y a los diferentes distritos, paradas de taxis, las Agencias de Servicios Eléctricos y Telefónicos del ICE, Universidad de las Ciencias y el Arte, la Universidad Florencio del Castillo, el Centro de Formación del INA, la Escuela Central e Iglesia Católica.

También, se ubica una Academia de Idiomas, el Instituto Nacional de Seguros y Bomberos, el Ministerio de Trabajo, la Cooperativa de Caficultores y sus locales de servicio, El estadio municipal, la Municipalidad de Naranjo, el plantel municipal, Cooperativas de ahorro y crédito como Coopealianza, canchas deportivas y parques públicos (Fuente Coopronaranjo R.L., 2010).

De igual manera, supermercados, tanto privados como los de la cooperativa de caficultores, abastecedores, restaurantes, ferreterías, talleres, lubricentros, recaudadores para pagos de servicios públicos, librerías, café Internet, clínicas de especialistas en salud, bufetes de abogados, tiendas, panaderías, centro de serigrafía, ebanisterías y otros.

Reseña histórica del cantón

El origen del nombre del cantón se remonta a 1833, cuando el primer colonizador que llegó a la región, Judas Tadeo Corrales Sáenz, encontró unos naranjales en medio de la espesura del bosque que cubrían el actual poblado de Candelaria, en la ciudad de Naranjo; motivo por el cual denominó el sitio como Los Naranjos. Con el transcurso del tiempo, a este nombre se le omitió el artículo, y cuando se creó el cantón, se le denominó solo como Naranjo.

Naranjo se convirtió en cantón en 1886, y se estableció la división territorial, en la cual el cantón se conformó en siete distritos. En la actualidad, se ha creado un nuevo distrito. Naranjo, en sus inicios, perteneció a Grecia (Fuente: Archivo Municipalidad de Naranjo).

Diagnóstico Situacional

Condiciones Ambientales: Naranjo se caracteriza por ser una zona fresca y seca, regida por las dos estaciones invierno y verano.

Tipos de terreno: Los tipos de suelo más comunes en el cantón de Naranjo son los Andisoles, los Vertisoles y los Inceptisoles.

Formas de trabajo de los terrenos: Los terrenos de este cantón son dedicados en su mayoría a la agricultura y siembra de plantas ornamentales.

Tierras con respecto a la red de distribución eléctrica: El cantón de Naranjo se ha reconocido como un terreno en el cual se debe implementar muchas mejoras a la red referente a la resistividad del terreno. Esto por cuanto se considera que la resistividad es muy pobre en estos sectores.

Valores de resistividad del terreno: Al analizar los resultados de una breve encuesta realizada al personal técnico del ICE, que labora en la zona de Naranjo, se ha determinado de forma empírica, que los valores de resistividad son relativamente altos y, por ende, no aptos para un buen sistema de puesta a tierra. Según se estima de forma empírica, los valores rondan los 40 a 30 ohmios en forma general.

2.1.2 Marco Institucional

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado por el Decreto-Ley 449 del 8 de abril de 1949 como una institución autónoma, con personería jurídica y patrimonio propio.

[Fuente: www.grupoice.com]. Para efectos de organización el ICE es una empresa formada por dos grandes negocios, por un lado, el Sector Electricidad, compuesto por CNFL y Electricidad del ICE y, por otra parte, el Sector Telecomunicaciones, compuesto por Telecomunicaciones del ICE y Racsca.

Como Sector Electricidad, su función primordial es la de brindar el servicio de electricidad a los habitantes de Costa Rica; y lo logra mediante estrategias para desarrollo de sistemas de generación y transmisión de electricidad, así como el manejo de la distribución en sus zonas de concesión. Dentro de estas estrategias se considera el control del impacto social y ambiental, buscando que la gestión eléctrica del ICE se realice con una actitud de conservación, protección, recuperación y uso responsable del medio ambiente (Fuente Grupoice.com, quienes somos, 2024).

Es así como uno de los objetivos primarios del ICE es desarrollar y mantener, de manera sostenible, las fuentes productoras de energía existentes en el país y prestar el servicio de electricidad. Para esto, le fueron encomendadas las siguientes funciones (Fuente Grupoice.com, misión y visión, 2024):

- Solucionar el problema de la escasez de energía eléctrica del país, mediante la construcción y puesta en servicio de más plantas de energía hidroeléctrica y ahora otras tecnologías de generación como la geotermia, la térmica, la eólica y la solar.
- Procurar la utilización racional de los recursos naturales y terminar con la explotación destructiva e indiscriminada de estos.
- Conservar y defender los recursos hidráulicos del país, mediante la protección de las cuencas, fuentes, cauces de los ríos y corrientes de agua.

Para cumplir con estos objetivos, el ICE ha desarrollado proyectos de generación de electricidad de gran importancia, como la represa del Arenal, Garabito, Reventazón, entre otros. Es así como sus proyectos se unen al desarrollo de este país, que lleva la electricidad a casi el 99 % del territorio nacional.

Como lo indican los objetivos de este proyecto, se busca que la calidad en el servicio se brinde de una manera óptima, para lo cual es muy importante determinar los valores de resistividad del terreno a lo largo de la red de distribución del ICE, no solo en esta región, sino en todo el territorio abarcado por esta empresa.

Con el objetivo de seguir con el cumplimiento de los fines de creación del ICE, se plantea el proyecto de crear un mapa de resistividad, pues esto permitirá crear una guía práctica para diseñar redes eléctricas que funcionen de una forma óptima.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO POR MEJORAR

2.2.1 Medición actual de puestas a tierra en las redes de distribución

En el Instituto Costarricense de Electricidad, en específico, en el sector de redes eléctricas de la División de Distribución del Sector Energía (Gerencia de Electricidad), la forma convencional y que se ha utilizado en forma habitual, tanto en los procesos constructivos como de mantenimiento de las redes, es realizar la conexión del cable neutro de una nueva red o de la existente o, de un servicio nuevo en baja tensión, al neutro de la red que se encuentra generalizado en todo el país y que nace en las subestaciones eléctricas, en las cuales ya es conocido que los valores de resistencia en las puesta a tierra, siempre debe ser cero, pues son lugares de muy alta criticidad para el óptimo funcionamiento de todo el Sistema Eléctrico Nacional. Estos valores son tomados por medio de un ohmímetro de gancho, para lo cual es estrictamente necesario que el neutro esté generalizado, como fue indicado (Sección 1.3, Descripción del problema).

Los valores adquiridos, luego de realizar la medición son valores que se dan en un punto específico, con respecto a un neutro generalizado, de manera permanente o provisional, para su medición, y que, por ende, no brindará el valor de la resistencia de un sistema de puesta a tierra, en este punto en específico, en relación con la resistividad del terreno como tal, para poder proteger los equipos que son instalados en esta red.

Este método tradicional, se aclara que no está mal, solo que para efectos del mapeo que se realiza no cumple con requerimientos de medición necesarios para establecer el mapa de resistividad, se ejecuta con un medidor de resistencia tipo gancho, el cual es colocado alrededor, sea del electrodo o del conductor de cobre que une el cable neutro con dicho electrodo. La mitad del gancho inducirá una tensión conocida, mientras la otra mitad mide la corriente. El medidor determinará automáticamente la resistencia del lazo de tierra en esta conexión a tierra.

Al estar los sistemas de puesta a tierra unidos a un neutro generalizado, esto hará necesariamente que la resistencia neta de todas las rutas a tierra sea muy baja, en comparación con la que está siendo analizada. Esto no es porque exista un valor de resistividad bajo en el punto,

aunque puede existir, sino porque el mismo sistema eléctrico, ya de por sí, viene con valores de resistencia bajos, como se ha mencionado.

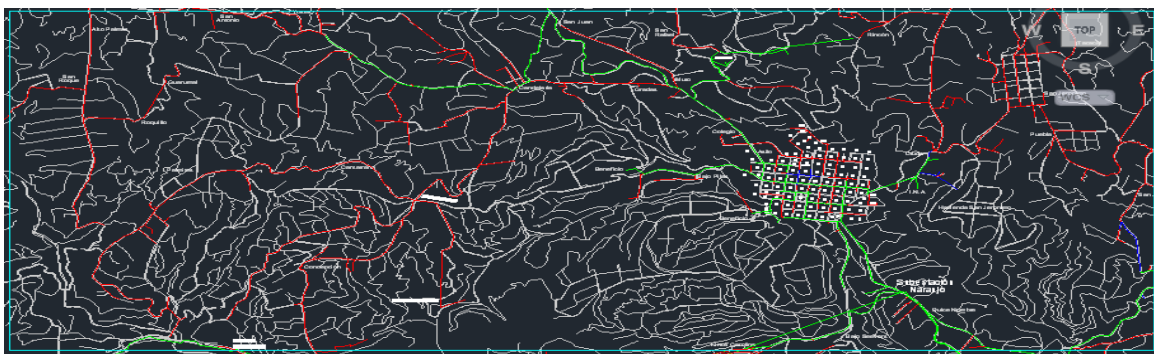
2.2.2 Equipos instalados en la red de distribución eléctrica

Para que una red de distribución eléctrica, a manera de ejemplo, con voltajes en la red primaria de 34.5 kV a nivel trifásico y 19.9 kV a nivel monofásico, ambos voltajes en media tensión y en la red secundaria de 120/240 V, voltaje entre fases y fases con neutro, esto en baja tensión, opere de la forma correcta y manteniendo los estándares de calidad requeridos por los clientes del ICE, así como de las demás empresas de distribución, se requiere realizar en ella la instalación de varios componentes necesarios en este proceso (Manual Normas de Construcción del ICE, 2022).

La red de distribución eléctrica, según se indica con su nombre, distribuye la corriente por todos los pueblos de nuestro país, (hasta el 2021 se indica que el 99 % de la población goza del servicio eléctrico, dato tomado de la página grupoice.com), pero al ser un elemento variable, sujeto a condiciones atmosféricas, a afectaciones de la flora y fauna entre otras, en esta red se pueden producir sobre corrientes, como la descarga de un rayo sobre ella, que requiere que sea remitido a tierra, con el fin de que no dañe los equipos y la misma red. Para que esto se dé, es necesario conocer la resistividad del terreno, como base para garantizar la protección en forma correcta de la red de distribución y así de todos los aparatos eléctricos y electrónicos que funcionan gracias a ella.

Figura 2.2

Ubicación geográfica de la red de distribución eléctrica del sector en estudio



Fuente: CLOR Naranjo.

En la red se instalan equipos de alto costo, como es el caso de reconectores automáticos, que son equipos que protegen la red ante un fallo de esta, sacando un circuito de operación, ante fallas instantáneas, reconectándolo de nuevo, cuando estas se despejan, o por un periodo de cinco minutos, en caso de que la falla persista, y se despeje en un tiempo mayor que el anterior, para la realización de prueba de restablecimiento en este acto, o que persista la falla con la correspondiente llegada de la cuadrilla de campo.

Todo lo anterior, se realiza mediante operaciones óptimas del equipo, lo cual, en parte, se logra con adecuado sistema de puesta a tierra. Dichos equipos requieren de programaciones especiales para determinar sus rangos de acción, sumado a un adecuado mantenimiento. Estos equipos protegen cargas superiores a un Megawatt (1 MW), de potencia.

De igual forma, son instalados transformadores de diferentes capacidades, autoprotegidos o convencionales, correspondientes con los voltajes de operación citados, dependiendo de la demanda de clientes en un sector y de sus requerimientos. (Este proyecto basará sus mediciones en lugares de la red, donde haya instalados transformadores, y que exista una gran cantidad de clientes).

Como protección y, en especial, por motivos de operación, en la mayoría de las derivaciones de los diferentes circuitos, se instala equipos de protección, los cuales están conformados por una cuchilla cortacircuitos y un pararrayos de 27 kV. Estos equipos protegen cargas menores y, generalmente, se instalan varios en un solo circuito (Están normados por el Manual de Construcción de redes de Distribución, que se deberán instalar cada 500 metros de red) (Fuente Manual de redes de Construcción de Redes, versión 2022).

Otros equipos que son instalados de manera mayoritaria en la red son las luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión de 100 o 150 watt de potencia, y hoy, las luminarias de tecnología led, con voltajes de 120 o 240 V y con potencias menores en el rango de los 90 watts, pero que por su tecnología son muy sensibles a corrientes circulantes, producto de descargas atmosféricas o rayería; si la red no está bien aterrizada, son los primeros equipos en dañarse.

También, a la red se conectan los medidores, que hoy son muy sensibles, como la nueva tecnología AMI, que les permite comunicarse entre sí y con colectores de datos, y que, por ende, se leen o se adquieren sus mediciones, sin necesidad de un funcionario que tome su lectura, pues esta se hace de forma remota y, si en su punto de instalación no se cuenta con un adecuado sistema

de puesta a tierra, ante una descarga eléctrica, estos se pueden dañar, dejando a los abonados sin servicio y a la distribuidora sin percibir ganancias por la energía que se está dejando de consumir.

2.2.3 Mapeo de resistividad del terreno

Como se ha hecho referencia, la resistividad del terreno no es tomada en forma efectiva por el personal del ICE destacado en el sector de Naranjo, dedicado a la instalación y mejoramiento de sistemas de puesta a tierra. Esto se debe, en especial, a la gran cantidad de trabajo que se debe realizar y al poco personal con que se cuenta para atender una red que cada día crece en demanda.

Este proyecto pretende crear un mapeo de resistividad del terreno que facilite las labores de construcción, mantenimiento y operación de la red, en específico, en la zona de Naranjo, cantón que, en su mayoría, dispone de red de distribución por parte del ICE.

El trabajo se realizará separando el área en 12 subáreas, de cuatro km cuadrados por subárea. En cada subárea se procurará realizar 20 puntos de medición; con un ohmímetro de electrodos, conocido como telurómetro; esto será en donde hay transformadores que tengan una mayor cantidad de clientes servidos, por cuanto se ha definido que el tipo de suelo de Naranjo mantiene una composición química “estable” en un rango aproximado de 100 m.

El proceso consta de la instalación de cuatro electrodos en un radio de 30 metros. A estos electrodos se les aplicará una descarga de corriente y referencia de potencial y se tomará los datos requeridos para ser incluidos en la fórmula de Wenner. Esta operación dará el valor de la resistividad en este sector.

Este método es un arreglo tetraelectrónico utilizado para medir la resistividad del suelo, como ha sido mencionado, ubicando electrodos espaciados en línea recta, con una distancia igual entre cada electrodo y a la misma profundidad, pero siempre respetando que la distancia de separación debe ser mayor a la distancia en profundidad. (Consulta en página <https://www.ingenieriaelectronica.online/metodo-wenner-medicion-de-resistividad/>, 2024)

Mediante el telurómetro se hace circular una corriente entre los electrodos externos (electrodos de corriente) y se mide la caída de potencial con los electrodos internos (electrodos de potencial). El telurómetro realiza la relación del voltaje entre la corriente y brinda un valor de resistencia aparente en ohmios. Con estos valores se realiza un análisis de los datos y se determina los valores de resistencia en cada punto medido.

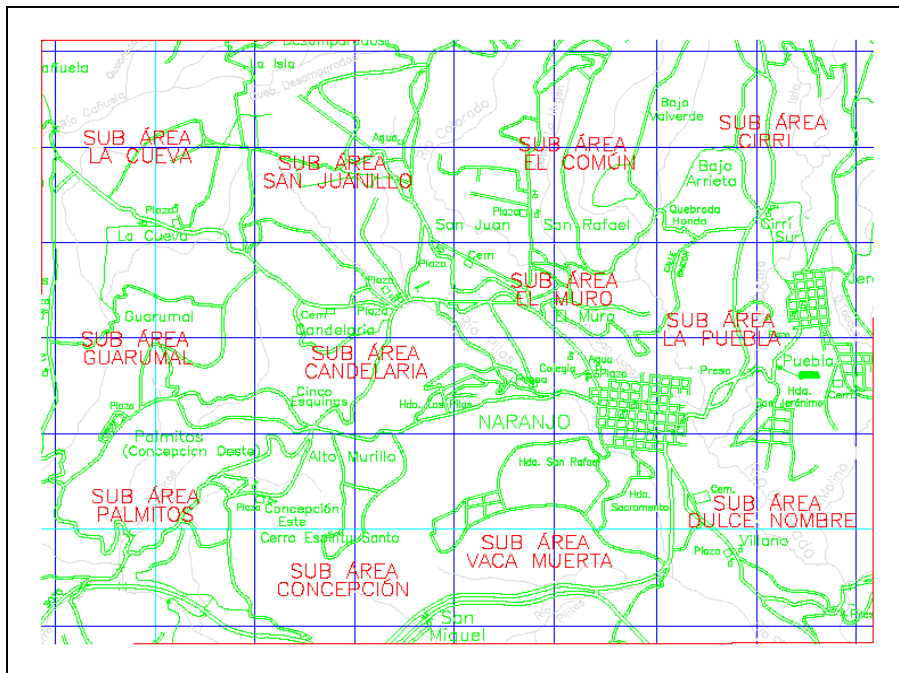
Se ha definido las siguientes subáreas: La Cueva, Guarumal, San Juanillo, Candelaria, Palmitos, Concepción, Vaca Muerta, El Muro, Dulce Nombre, La Puebla, El Común, y Cirrí.

Así uno de los objetivos es lograr medir en áreas pequeñas estos valores y así contar con un mapeo bien certero del cantón de Naranjo y de las demás zonas que componen esta Región.

Con el fin de determinar o consensuar con el personal, el estado de la resistividad del terreno en Naranjo se ha desarrollado una breve encuesta entre el personal técnico y profesional que labora en el ICE en la zona de Naranjo. Con datos empíricos que se verificará, junto a los datos que, arrojados por las mediciones, se determinará la necesidad de tener propuestas adecuadas para el diseño, mantenimiento y operación de las redes de distribución eléctrica en este sector, y que así se logre una gran economía en el presupuesto de labores de mantenimiento de redes de esta empresa. Los datos de esta encuesta se encuentran en la sección de Anexos.

Figura 2.3

Mapa de Subáreas



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo.

El tiempo y dinero que podría ahorrarse en esta empresa en la gestión de tener previamente un mapeo de resistividad del terreno, será un argumento favorable para que este proyecto se torne en una realidad para el resto de la red de distribución de la región respectiva.

Para efectos de representar gráficamente el tipo de resistividad en un mapa o un contorno geográfico, se ha definido como regla estándar que, para una buena resistividad o resistencia baja, se utilizará el color verde como su representativo; para una resistividad regular se aplicará el color amarillo y para una resistividad mala o alta el color rojo.

La clasificación de los suelos se desglosa a continuación: color verde para valores que oscilen entre los cero y ocho ohmios. Color amarillo para valores comprendidos entre nueve y doce ohmios y para las tierras con alta resistividad o superiores a trece ohmios, se utilizará el rojo como el color distintivo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la justificación y el contenido de los objetivos de esta investigación, se desarrolla del tipo descriptivo, porque se evalúa y registra información de hechos reales y tomados en el campo.

Al respecto, Gross (2010), indica que la investigación descriptiva:

...consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes por medio de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y, luego, analizan minuciosamente los resultados, para extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento (p.<http://manuelgross.bligoo.com/content/view/999252/Conozca-3-tipos-de-investigacion-Descriptiva-Exploratoria-y-Explicativa.html>).

El autor, se refiere a que no se recopila información de manera aislada, sino que se trata de una interrelación entre distintas variables.

Xuletas (2008), señala al respecto:

Los estudios descriptivos miden de manera más bien independiente los conceptos o variables, a los que se refieren, aunque su objetivo no es indicar como se relacionan las variables, pueden integrar las mediciones de cada una de dichas variables para decir como es el fenómeno. (p. <http://www.xuletas.es/ficha/12638>).

La cita del autor transmite que efectivamente, en la indagación que se realiza se efectúa con base en una exploración, pero también llega a analizarse la relación entre diversas variables del estudio y los objetivos de este.

Por lo indicado, la presente investigación permite evaluar la problemática en estudio, con el suministro de sugerencias, base para investigación de las causas que influyen en el logro de este proyecto, en especial, como una solución definitiva en la protección de las redes de distribución eléctrica, desde el punto de vista exploratorio, interpretando las mediciones y realizando algunas comparaciones.

Siendo así, en el capítulo anterior se mencionó el método por utilizar para obtener el mapeo de resistividad del terreno en el circuito en estudio. Dicho método es la forma en que se obtendrá los sustentos que permitirán comprobar la factibilidad de contar con el registro de datos de resistencia y resistividad a lo largo del circuito Naranjo Estadio.

El cuestionamiento que origina esta investigación es si es posible realizar un mapeo de resistividad que le permita al ICE, en este caso, pero a cualquier distribuidora, contar con los insumos suficientes y adecuados para construir sus redes con sistemas de protección adecuados, mejorar los sistemas de protección de las redes existentes y brindar la asesoría técnica adecuado a los abonados que se sirven de esta red. ¿Es esto factible? ¿Es rentable para la empresa? ¿Para el cliente? ¿Es funcional un mapa de resistividad?

Para este proyecto se trabaja con este método, separando el circuito en áreas y subáreas. En cada punto de medición se toma los datos requeridos de resistividad, bajo el método citado y explicado ampliamente en el capítulo anterior. Con esos datos, se alimenta la base de datos y se aplica la fórmula indicada en el método y se ajusta los valores, según el nomograma de toma de tierra para definir los valores de resistividad del terreno.

En el nomograma se compara valores y se determina si la resistividad en un terreno es alta o baja. Estos datos se grafican y se definen los valores óptimos de resistencia para cada punto y si requiere o no de instalación de electrodos adicionales formando una malla a tierra en sus sistemas de protección, o incluso, si requieren de algún agente químico como la bentonita, para obtener valores de resistencia bajos en los puntos evaluados.

La forma de demostrar que el mapa es viable es realizar las mediciones y las comparaciones a nivel de análisis y realizar las mejoras propuestas a raíz de este estudio.

3.2 SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

3.2.1 Personal del ICE

En relación con esta investigación, la población informante corresponde a sujetos que serán parte del proceso investigativo.

Para Barrantes (1999), la población es: "Todas aquellas personas físicas o corporativas que brindan información" (p. 92). Es decir, es la población o universo que se trabaja en la investigación.

Para esta investigación se trabajará con una muestra representativa a conveniencia, de 20 personas, según se detalla a continuación:

- Tres ingenieros electricistas jefes de las diferentes dependencias involucradas en el proyecto.
- Tres supervisores técnicos.
- Catorce técnicos eléctricos en redes de distribución eléctrica.

Para un total de empleados por evaluar de 20. Los resultados de esta encuesta serán presentados en los anexos y tomados como objeto de comparación en el Capítulo V.

3.2.2 Fuentes de información

Al respecto, Hernández y otros (2006), afirman: "Consiste en detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio, de los cuales se extrae y recopila información relevante y necesaria para el problema de investigación (p.65).

De acuerdo con la definición, se puede concluir que la fuente primaria es la información bibliográfica, de la web y de manuales del ICE, sobre el trabajo de investigación.

Fuentes Primarias

Hernández y otros (2006), definen:

Proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que contienen los resultados de estudio como libros, antologías, artículos, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, reportes de asociaciones, trabajos presentándose conferencias o seminarios, artículos periodísticos, testimonios de expertos, documentales, videocintas en diferentes formatos, foros y páginas en Internet, entre otros (p. 66).

Para este estudio, las fuentes primarias provienen de la información obtenida de los manuales del ICE, documentos oficiales de la Institución, cursos impartidos por la empresa, seminarios y estudios previos.

Fuentes Secundarias

Son datos que se encuentran disponibles para consulta, los cuales fueron preparados por personas ajenas al investigador, y con fines ajenos a la investigación que se realiza, son textos basados en fuentes primarias, e implican generalización, análisis, síntesis, interpretación o evaluación.

Las fuentes secundarias se clasifican de la siguiente manera:

- a) Libros relacionados con el tema.
- b) Folletos relacionados con el tema.
- c) Tesis de otros estudios.
- d) Información del registro de instalación de transformadores.
- e) Consultas a la web sobre el tema en estudio.

3.2.3 Variables de estudio

La resistividad del terreno se define como las propiedades inherentes de un material que, en este caso, es el suelo, que se opone al flujo de la corriente eléctrica. Al estudiar esta propiedad se puede entender como la corriente eléctrica actúa en realización los diferentes tipos de suelo. En palabras más simple, la resistividad es la dificultad que encuentra la corriente eléctrica para atravesar un material y esta es afectada por la composición química, la humedad, la temperatura y la estructura del suelo.

En términos generales, un suelo con alta resistividad va a presentar una mayor resistencia al paso de la corriente eléctrica, mientras que en un suelo con baja resistividad lo que habrá es un mayor flujo de la corriente.

Desde un punto de vista operacional, la resistividad se refiere al valor numérico obtenido al aplicar una corriente eléctrica al suelo a través de electrodos y medir la diferencia resultante. Este valor es calculado mediante la ley de Ohm, la cual establece que la resistencia es igual a la tensión dividida por la corriente. Esta resistividad será expresada en ohmios por metro y calcular, la cual permite analizar como varía esta propiedad en las diferentes condiciones y tipos de suelo.

A nivel instrumental, la resistividad del terreno se refiere al valor que se obtendrá directamente de un resistivímetro, que es un equipo especializado en la medición de la resistividad eléctrica del suelo. Este equipo es el que permite inyectar la corriente eléctrica en el terreno a través

de los electrodos. Este realiza los cálculos utilizando las mediciones realizadas, proporcionando un valor preciso y directo, que es utilizado para los fines de este estudio.

Conocer la definición de la resistividad desde estas variables es de suma importancia para poder entender cómo se aplica y mide el concepto de resistividad del suelo para efectos de la distribución eléctrica en un circuito.

3.3 DESCRIPCIÓN INSTRUMENTAL

Ha querido contarse con el criterio de los empleados informantes, por medio de la aplicación del cuestionario estructurado a la población constituida por trabajadores del Grupo ICE, Región Naranjo.

Para Hernández (2006), el cuestionario "...consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir, es un instrumento constituido por una serie de preguntas escritas para ser resueltas en la intervención del investigador" (p. 310). Es decir, la función del cuestionario es obtener por medio de la formulación de preguntas adecuadas, las respuestas que suministren los datos para cumplir con los objetivos de la investigación. Las preguntas de un cuestionario han reunido dos cualidades fundamentales: confiabilidad y validez.

El cuestionario que fue aplicado, del cual puede encontrarse un modelo en los anexos, fue elaborado con un máximo de 20 preguntas. Estas interrogantes pretenden obtener el conocimiento empírico del personal sobre el tema descrito.

El instrumento posee una estructura en forma vertical y horizontal. Este presenta las opciones de cada ítem correspondiente a cada variable en estudio. De tal manera que se responderá de manera cerrada, con selección mediante un *check* o una equis.

Por otro lado, para obtener los datos de la resistividad del terreno, se creó tablas generales para determinar las 12 subáreas del área de Naranjo. Para cada subárea, existe una tabla en sentido vertical y horizontal, que ha sido llenada con los datos obtenidos de la medición. Para cada subárea hay un total de 20 mediciones.

A las subáreas se les ha asignado un nombre en específico, por ejemplo, sector San Miguel. Cada muestra ha sido identificada por un nombre, en una celda, por ejemplo, Bajo Esquipulas. En

otra celda se ha incluido la ubicación geográfica, tomada con un GPS y en una celda final el valor medido con el telurómetro.

Al final de cada subárea existe una celda para tabular y promediar los datos. Este dato final fue incluido mediante el método de Wenner para la resistividad de los terrenos, con lo que se obtuvo el valor definitivo y pudo estimarse la solución.

Para poder aplicar este método, es necesario indicar que los suelos son las áreas en las que se realiza las descargas eléctricas. Si estos terrenos no tienen o no cuentan con los elementos suficientes que permitan el flujo de estas corrientes, el cual será un elemento de oposición a la descarga eléctrica, lo que hará que se presenten repercusiones en las redes de distribución y en las instalaciones eléctricas de las viviendas conectadas a estas.

Ahora bien, el suelo no es una materia uniforme. El suelo está formado por materia en los diferentes estados conocidos: cuenta con materia sólida, materia gaseosa y materia líquida. La materia sólida está compuesta por los minerales y algunos compuestos orgánicos. El estado líquido presente en el suelo es el agua, presente en la humedad y disuelta con las diferentes sales que puedan encontrarse en el sitio. El aire y el vapor de agua componen el estado gaseoso del suelo. Estos componentes se tornan en elementos que pueden afectar un correcto uso del método y que, por ende, deben ser tomados en consideración a lo largo de la investigación.

Cuando las descargas eléctricas son conducidas a tierra, el comportamiento de los sistemas de protección y puesta a tierra debe ser el óptimo. Sin embargo, la respuesta del suelo a este tipo de inyecciones de corriente depende fuertemente de algunas variables, como lo son el tipo de suelo, tema desarrollado en los capítulos anteriores, su conductividad eléctrica, el contenido de humedad, la capacidad térmica del suelo, la geometría del electrodo, y la magnitud y la duración de la descarga eléctrica.

La mayoría de los suelos consisten en numerosas partículas con un cierto grado de humedad y también puede haber una cantidad de sales disueltas. El aire también forma parte de esa composición física que llena los espacios vacíos disponibles en el conjunto de partículas que forman la composición del suelo. Es decir que el suelo está conformado principalmente por granos, agua y aire, que son los que regulan el proceso de inicio y desarrollo de la descarga eléctrica en el interior del suelo.

El agua cumple un papel fundamental en la conductividad eléctrica del suelo y de cuya cantidad depende la buena conducción eléctrica del suelo, junto con la cantidad de sal disuelta en dicha agua. La cantidad de aire está determinada por los volúmenes de espacio disponible dejado por los granos y cantidad de agua contenida en el suelo.

Tomando en cuenta estas condiciones, el método utilizado para probar la resistividad del suelo es el método de cuatro puntos de Wenner. Este método utiliza un medidor de resistencia del terreno digital de cuatro electrodos (telurómetro), y otros instrumentos, cuatro puntas de prueba y conductores.

Este método requiere la inclusión de cuatro puntas de prueba en la zona donde se está realizando la medición. Las puntas de prueba se instalan en una línea recta y equidistante. Las puntas de prueba establecen un contacto eléctrico con la tierra. El medidor de prueba de cuatro puntos inyecta una corriente distante a través de la tierra vía del probador y las dos puntas externas. La corriente que está fluyendo a través de la tierra (un material resistente), desarrolla una diferencia de voltaje/potencial. Esta caída de voltaje resultando del flujo de corriente es, entonces, medido entre las dos puntas de prueba internas. (Tomado de Lyncole XPT Aterramientowww.Lyncole-Latam.com)

El medidor sabe, entonces, la cantidad de corriente que está atravesando la tierra y la caída de voltaje por medio de las dos puntas de prueba centrales. Con esta información, el medidor utiliza la Ley de Ohmios para calcular y para mostrar la resistencia en ohmios.

Para determinar los valores de resistencia de un sistema específico, se utilizará la tabla o nomograma de toma a tierra (ver Anexo 2), en la cual se define datos como el diámetro del electrodo, la longitud del electrodo, la resistividad del terreno y la resistencia de los sistemas de puesta a tierra. Entre los valores de longitud y diámetro, aparece una constante K. Esta constante es el punto donde se une el diámetro de la varilla con su longitud.

Con un valor medido, ya sea en resistencia o resistividad, se ubica el punto medido con base en el punto original en K y eso dará el valor deseado. Para efectos de este proyecto y basado en los electrodos que utiliza el ICE, la longitud de los electrodos será de 10 pies (3 m), y un diámetro de 5/8 de pulgada, por lo que el punto K siempre será el mismo para todas las mediciones.

Las lecturas se toman generalmente, con distancias de separación de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80 y 100 metros. Para este caso, la separación entre electrodos será de tres metros, nueve metros como longitud total de separación.

Para los equipos con los que se realizan las mediciones se determina que la incertidumbre es de 0,3 ohmios por punto de medición.

Para este proyecto, se medirá el valor de resistividad del terreno. De esta medición se obtendrá el valor de resistencia en los sistemas de puesta a tierra y, por lo tanto, se dará las soluciones y recomendaciones para obtener los valores óptimos solicitados por el Manual de Normas de Construcción del ICE.

Es conocido que los valores de resistencia esperados o normados por la Aresep, para los servicios eléctricos debe ser máximo de 25 ohmios. Para el ICE, en los puntos sensibles de la red de distribución se ha definido en 10 ohmios. Con esta premisa, se realiza las mediciones de resistividad, para poder definir, siguiendo el método citado, y así obtener los valores adecuados de resistencia.

A modo de ejemplo, si una medición de resistividad arroja un dato de 2350 ohmios por centímetro, se aplica este valor en la fórmula de ajuste respectiva, obteniendo un valor de resistencia de 30 ohmios por metro y con ese valor contrapuesto a los valores definidos en la tabla AEMC (Anexo 3), se puede definir si el valor de resistencia está adecuado, o si requiere de alguna mejora, la cual generalmente será la inclusión de electrodos de puesta a tierra adicionales. En el caso del ejemplo citado, se debe incorporar un electrodo adicional, pues el valor está sobre los 25 ohmios definidos para un servicio nuevo y de los 10 ohmios fijados en la red de distribución.

De acuerdo con la tabla de AEMC (ver Anexo 3), para determinar cuántos electrodos deben incluirse con un punto de medición, esto ante una resistividad elevada, de acuerdo con los valores previamente establecidos en la Sección 1.2, se aplica las siguientes fórmulas, previa medición de los puntos de estudio:

Para incluir dos electrodos: $RL=R1/2 \times 1,16$.

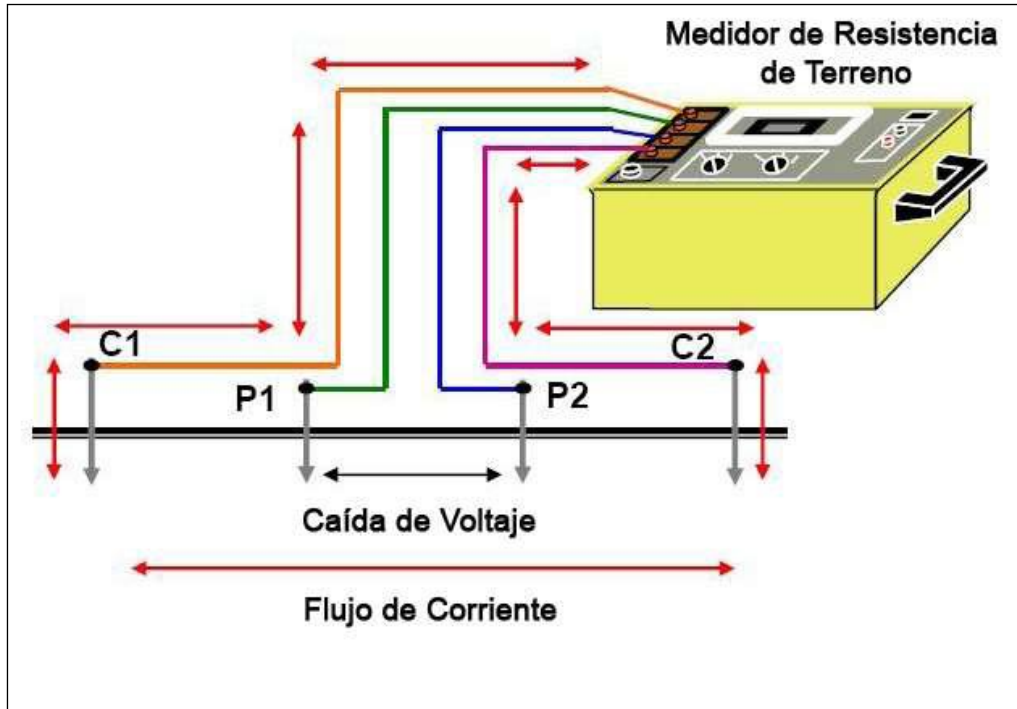
Para incluir tres electrodos: $RL=R1/3 \times 1,29$.

Para incluir cuatro electrodos: $RL=R1/4 \times 1,36$.

Se define R_L como una resistencia equivalente, la R_1 como el valor de resistividad medido, el cual será dividido entre la cantidad de varillas por instalar y el valor de multiplicación se obtiene como una constante de la tabla de multiplicación de factores para varios electrodos. (Ver anexo 3).

Figura 3.1

Medidor de Resistencia del Terreno



Fuente: Entendiendo Pruebas de Resistencia de Tierra, de AEMC Instruments.

A nivel de instrumentación es sabido que actualmente existen diversos equipos que permiten obtener los valores de resistividad en un terreno. Sin embargo, por el tipo de terreno por analizar, entendiéndose topografía y conformación, el uso del telurómetro es el adecuado para este tipo de investigación y para la obtención de los datos requeridos para sustentarlo.

Con este equipo se puede cumplir a cabalidad con lo que indica el método de Wenner, en cuanto a la ubicación de los electrodos y la inyección de corriente y voltaje necesarios, para determinar los valores de resistividad y, a partir de este insumo, definir si la resistencia en las áreas de estudio son las óptimas, o si, por el contrario, están fuera de los rangos y deben ser mejoradas, siempre en beneficio de los usuarios finales.

3.4 ALCANCES

3.4.1 Alcances

- a) Este proyecto abarcará la resistividad de los diferentes tipos de suelos ubicados en el circuito Naranjo Estadio, por medio de la medición de ella con la instalación de los electrodos de un telurómetro, según el método de Wenner. Esto presentará valores diferentes con lo cual se requiere una solución en particular en los casos en que no se obtengan los requerimientos de resistencia de puesta tierra normados, y no podrá generalizarse un solo valor para toda la zona, sino que deberán indicarse valores para cada distrito o caserío, inclusive.
- b) Con este proyecto se creará una base de datos en la cual los empleados del ICE en la zona de Naranjo, podrán realizar las consultas necesarias en cuanto a la resistencia requerida en los sistemas de puesta a tierra de este circuito, a la hora de realizar los diseños de redes eléctricas y brindar el apoyo necesario en la construcción de estas, así como en el asesoramiento adecuado a los nuevos y actuales abonados que se sirvan de las redes existentes y que se vayan construyendo con el paso del tiempo.

La investigación se delimita a definir los valores de resistividad del suelo, así como brindar soluciones para mejorar las resistencias de las puestas a tierra en el circuito de la red de distribución eléctrica ubicada en el cantón de Naranjo, Alajuela, denominado Naranjo Estadio, plasmándolos en un mapa de resistividad de suelos, que corresponda a la zona en estudio.

Las mediciones con el ohmímetro de electrodos remitirán los valores de resistencia del terreno, los cuales serán ingresados en el método de Wenner, donde se definirá los valores reales de resistencia, utilizando los cálculos ya definidos por dicho método. Con esto podrán establecerse soluciones prácticas para el mejoramiento de la resistencia en las puestas a tierra.

El análisis de los diferentes tipos de suelo y sus resistencias, brindarán datos básicos para un correcto diseño de redes eléctricas en Naranjo y para que los abonados tengan insumos para instalar sistemas de puesta a tierra adecuados en sus instalaciones eléctricas.

Los resultados obtenidos en cada punto no podrán generalizarse al resto de la red de la zona de Naranjo, por las características propias de cada sitio.

Para el resto de las zonas que comprenden la Región de Naranjo, deberá realizarse una investigación aparte y fuera del sistema académico.

3.4.2 Limitaciones

Las condiciones del terreno y los diferentes tipos de suelos ubicados en las áreas de estudio. Estos presentan una limitación significativa en el análisis de resistividad del suelo. Dado que los suelos no son homogéneos, los valores de resistividad medidos varían entre los diferentes puntos analizados.

La resistividad del suelo es un parámetro crítico para el diseño de sistemas de puesta a tierra. Suelos con alta resistividad, como arena seca o rocas, pueden resultar en valores de resistencia más altos, lo que dificulta la dispersión de corrientes de falla. De forma contraria, suelos arcillosos o húmedos tienden a tener menor resistividad, facilitando una mejor conexión a tierra. Por lo tanto, cada tipo de suelo impacta directamente en la eficacia de las mediciones realizadas.

Al comparar los valores de resistividad obtenidos en diferentes puntos, debe considerarse el tipo de suelo presente. Las mediciones en suelos con características geológicas similares pueden ser agrupadas para análisis, mientras que las mediciones en suelos distintos pueden conducir a conclusiones erróneas, si no se interpretan con cuidado. Por ejemplo, un aumento en la resistividad en un área puede no ser un indicador de un problema, sino simplemente el resultado de un cambio en el tipo de suelo. Para futuros estudios, se recomienda realizar un análisis más detallado de las condiciones del terreno en cada ubicación, incluye pruebas de laboratorio para caracterizar los suelos.

Los puntos en la red por analizar. Cada tipo de punto en la red (puntos de transformación, protección y medidores) tiene requisitos específicos relacionados con su función. Esto implica que no se pueden aplicar los mismos criterios de resistividad a todos por igual. Por ejemplo, los puntos de transformación requieren una resistividad baja para asegurar una adecuada puesta a tierra, mientras que los puntos de protección pueden necesitar condiciones diferentes. Estas diferencias impiden la definición de un valor único y puede llevar a decisiones no adecuadas en el diseño, operación y comercialización.

Si no se considera estas diferencias, puede haber un riesgo de subestimar o sobreestimar la necesidad de resistencia en los sistemas de puesta a tierra, en algunos de los puntos, lo que puede

resultar en una protección inadecuada o en un rendimiento deficiente del sistema, como se mencionó.

Disponibilidad de equipo para las mediciones. Dado que el equipo es de uso institucional, el cual se debe gestionar con tiempo para poder realizar las actividades de mediciones, esto atrasa las labores en campo.

3.5 PROCESO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La información recopilada ha permitido brindar respuesta al problema en análisis, fundamentado en los resultados que se obtuvo al finalizar este proyecto, los cuales han permitido brindar recomendaciones y conclusiones que ayudarán al desarrollo y mejoramiento de las puestas a tierra en las redes de distribución eléctrica.

Lo anterior se logró, obteniendo la información, mediante una adecuada operación de las variables en referencia, con un correcto resultado de la adecuada utilización del cuestionario instrumental y de las medidas con el ohmímetro de electrodos.

Como parte del procesamiento de la información que fue brindada, se utilizó como herramienta la hoja electrónica Excel para la elaboración de la información en cuadros y gráficos. La totalidad de la estructura del informe de este proyecto se ha realizado con el procesador de textos Word.

3.6 SOLUCIONES PREVISTAS LUEGO DE LA INVESTIGACIÓN

Luego de realizar este proyecto se pretende brindar las soluciones óptimas ante un valor muy elevado en la resistividad del terreno. Por las condiciones de la red, se requiere que los valores de resistividad sean relativamente bajos, pues esto permitirá que la corriente fluya sin mucha obstrucción por el suelo, y que no se devuelva por la red, buscando donde descargar su potencia.

Ante valores muy elevados a la hora de realizar una medición luego de construir una red eléctrica o realizar la instalación de un transformador, la empresa siempre define que debe realizarse la instalación de una varilla adicional y, en ocasiones, hasta dos adicionales, formar una malla y así lograr un valor menor. Sin embargo, estos son aplicaciones empíricas, pues no se tiene el valor real de resistividad, como se explicó.

La fórmula de Wenner o el método de Wenner, define las soluciones por implementar en la red, de una forma científica y certera. Ante este panorama, se define que las soluciones y recomendaciones para cada subárea serán distintas, de acuerdo con las mediciones efectuadas, que podrían consistir, ya sea en:

Instalar una varilla para tierra completa y poder obtener el valor requerido de resistencia de puesta a tierra, en función de la resistividad.

Tomando como valor referencia la resistencia de una primera varilla, se estima si se instala una segunda, tercera o máximo cuarta varilla de iguales características, separadas una vez el largo de cada una de ellas.

Una vez que se estime que no se logrará el valor con un máximo de cuatro varillas, se procederá con el método de mayor costo, como es la utilización de bentonita, como medio químico para retención de humedad, la correspondiente reducción de resistividad del terreno y, por lo tanto, reducción del valor de resistencia la puesta a tierra en ohmios. (Ver Anexos monograma de Wenner).

El objetivo primordial es realizar un diseño adecuado de las líneas de distribución. Con los valores ya establecidos, se incluirá en los listados de materiales por utilizar en una construcción de una red, o en la instalación de un servicio, las varillas y el cobre que sea necesario, lo que permitiría un ahorro considerable en los presupuestos anuales, en mano de obra y en gastos adicionales en las órdenes de trabajo por atraso en las obras, o rechazo de servicios por incumplimiento de las normas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo presenta los muestreos de las mediciones realizadas, con sus correspondientes tablas y gráficos. Para este fin, se elaboró la lectura de los valores en cada uno de los puntos de medición, a saber 20 lecturas por cada subárea de estudio. Hubo sectores donde se tuvo que realizar una menor cantidad de lecturas. Este proceso permitió obtener los datos que serán presentados a continuación.

Dichos datos de tablas y gráficos son analizados con el fin de obtener los resultados requeridos para llegar a la definición de las recomendaciones para futuros diseños de redes de distribución, instalación de nuevos servicios residenciales, comerciales y el mantenimiento de las redes de distribución eléctrica.

Se ha definido en la Sección 3.3 de este proyecto, que el área de estudio estará dividida en 12 subáreas, a las cuales se les ha asignado un nombre que es representativo de la zona. En cada subárea se han medido valores de resistividad en los puntos más sensibles de la red de distribución eléctrica, donde se han instalado equipos de transformación del tipo monofásico de 34,5/19,9 kV-120/240 V. Considerando en primer orden, los casos de transformadores que tienen una mayor cantidad de clientes servidos.

Es importante indicar que el valor óptimo por obtener en la columna de resistencia de cada una de las tablas de información siguientes, debe ser de un valor menor o igual a 10Ω , de acuerdo con la normativa técnica AR-NT-SUCOM y AR-NT-SUINAC de la Aresep.

Se desarrolla a continuación el análisis de cada una de las subáreas, objeto de medición, para el desarrollo de trabajo.

A manera de referencia, en la Tabla 4.1 se describe los 20 puntos de medición que se realizó en la subárea Palmitos. En cada uno de estos puntos se definió utilizar una distancia estándar entre los cuatro electrodos del telurómetro de tres metros lineales, lo que brinda una distancia total de nueve metros lineales.

En la Tabla 4.1 se observa que los datos de resistividad obtenidos son dados en ohmios por centímetro. La razón para que el dato se dé en estos términos es que el nomograma de AEMC viene preparado para ser utilizado en estas unidades de medida. Ahora, el equipo utilizado es de la misma marca, lo que da un mayor margen de certeza en los datos.

Tabla 4.1

Datos obtenidos y calculados luego de la medición con el telurómetro, Subárea de Palmitos

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN						
SUBÁREA:	PALMITOS	FECHA DE MEDICIÓN:	06/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA		
1 RÍO GRANDE PLAZA	9	1 122	Ω/cm	3,9	Ω	
2 RÍO GRANDE POLLERA	9	341	Ω/cm	1	Ω	
3 BAJO LA CHANCHERA	9	5 090	Ω/cm	18	Ω	
4 CALLE TORRES	9	412	Ω/cm	0,5	Ω	
5 BAR EL ESTABLO	9	667	Ω/cm	2,3	Ω	
6 ENTRADA SAN ROQUE	9	260	Ω/cm	0,5	Ω	
7 CIUDELA SAN BOSCO	9	1 436	Ω/cm	4,9	Ω	
8 BAJO SAN ROQUE	9	281	Ω/cm	0,5	Ω	
9 CALLE VILLALOBOS	9	3 410	Ω/cm	12,5	Ω	
10 CALLE ROJAS	9	1 060	Ω/cm	4,1	Ω	
11 PUENTE RÍO GRANDE	9	621	Ω/cm	2,4	Ω	
12 SECTOR DE VENTAS	9	3 243	Ω/cm	11	Ω	
13 BAJO LOS FEOS	9	7 152	Ω/cm	26	Ω	
14 GALERÓN ALBERTO M.	9	1 256	Ω/cm	3,5	Ω	
15 GALERÓN ODENSA	9	328	Ω/cm	0,5	Ω	
16 BAJO LOS LOCOS	9	4 105	Ω/cm	15,1	Ω	
17 CEMENTERIO	9	2 004	Ω/cm	7,3	Ω	
18 CALLE BADILLA	9	981	Ω/cm	3,3	Ω	
19 LA POLLERA	9	3 024	Ω/cm	9,1	Ω	
20 SECTOR ESCUELA	9	2 943	Ω/cm	9,8	Ω	

Fuente: Elaboración propia.

Luego de aplicar los datos en el nomograma se obtiene los datos de resistencia de los sistemas de puestas a tierra ante los valores de resistividad que dan las mediciones. Si se observa el detalle de los valores de resistencia obtenidos, se observa que existen valores que sobrepasan los márgenes establecidos en la Sección 1.2 y los márgenes establecidos en la Sección 2.2.3 para indicar los colores ante el tipo de resistencia obtenida.

4.2 SUBÁREA PALMITOS

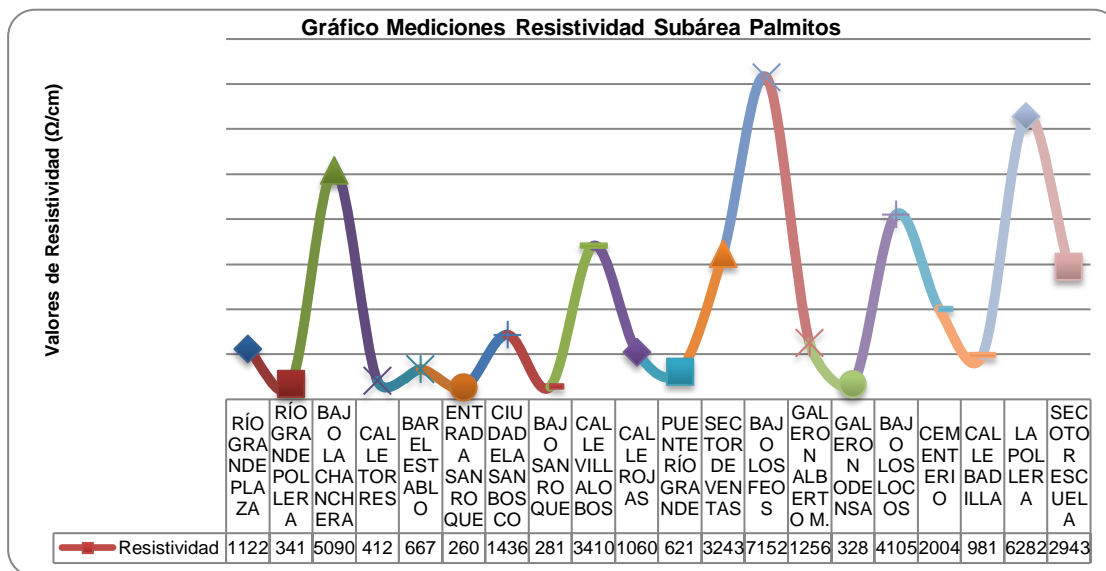
La subárea de Palmitos se caracteriza por tener una topografía quebrada, no es un terreno en el que pueda encontrarse áreas, donde el terreno sea llano. La población se ubica en su mayoría al lado de la vía principal. Sus habitantes son de clase media baja en un alto porcentaje. Los terrenos están cultivados en un 90 % de café y un 10 % de tabaco.

Ante este panorama, las mediciones se realizan en forma continua sobre la red de distribución eléctrica, como es sabido, en donde están los puntos de transformación, al margen de la vía pública.

En la Tabla 4.1 se refleja los datos de resistividad obtenidos de las diferentes mediciones; dados en ohmios por centímetro. Luego, estos son aplicados en el nomograma de AEMC (ver Anexo 2), como una resistividad aparente y se obtiene los datos correspondientes a la resistencia que se dará en ese punto en específico, acorde con el tipo de electrodo que se empleará, en este caso, tipo jabalina o varilla de 3,05 m y 16 mm de diámetro. Con base en estos datos, a los valores que no cumplen con los márgenes establecidos en la Sección 1.2, se le aplica las fórmulas que fueron indicadas en la Sección 3.3 para determinar la opción más apropiada para reducir el valor obtenido y lograr cumplir con las normas ya establecidas en la Sección 1.2.

Gráfico 4.1

Valores de resistividad medidos en la Subárea de Palmitos



Fuente: Elaboración propia.

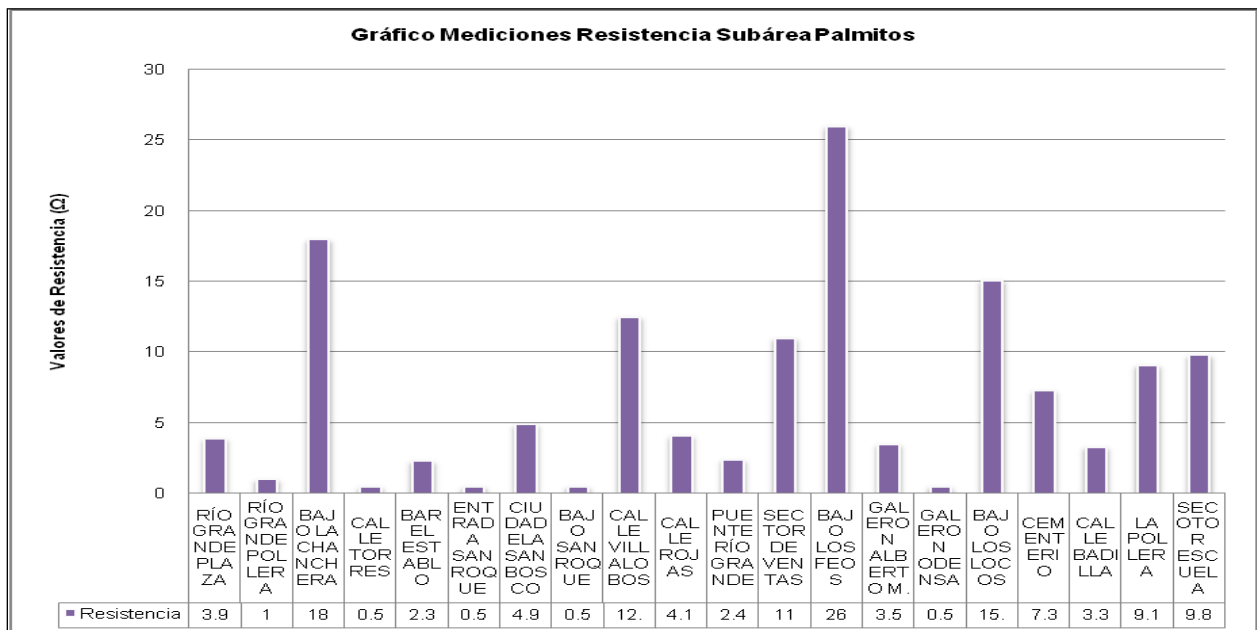
Con estos datos se presenta los Gráficos 4.1 y Gráfico 4.2, los cuales reflejan las diferentes curvas de resistividad y resistencia, los cuales serán los parámetros del mapeo de resistividad por desarrollar.

Específicamente, en el Gráfico 4.1, se observa en comportamiento de la resistividad en cada uno de los puntos de medición de la subárea Palmitos. En términos generales, la resistividad puede denotarse como buena, con algunos puntos en los que deben tomarse las medidas necesarias para bajar los valores de resistividad indicados y que sobrepasan el valor de los 10 ohmios.

Continuando con la Tabla 4.1, así como con el Gráfico 4.1, es el propósito de este proyecto realizar un mapeo de resistividad a lo largo de la red de distribución eléctrica del ICE. Este mapeo se realizará con los datos obtenidos de la medición sin corregir, pues para cada punto de medición que sobrepase los valores establecidos en la Sección 1.2; a saber, 10 ohmios en los puntos de transformación y 25 ohmios para los puntos en los que la red de distribución tiene aberturas o finales de línea, al igual que para brindar servicios eléctricos, se aplicará las fórmulas de la Sección 3.3 y con este valor se indicará la acción que se debe realizar para mejorar la resistencia en este punto de medición.

Gráfico 4.2

Valores de resistencia obtenidos al aplicar los valores de resistividad medidos en el nomograma de AEMC



Fuente: Elaboración propia.

Antes de presentar los datos corregidos con las fórmulas mencionadas, es muy importante recordar que en la Sección 1.2 se establece que para los puntos de la red en los que esta se encuentre abierta, inicie o termine, los valores de resistencia deben mantenerse en 25 ohmios o menos. Lo cual se aplica en el momento de la instalación de un servicio eléctrico nuevo.

Dado lo anterior, es posible observar que los valores que presenta la Tabla 4.1 y el Gráfico 4.2, cumplen a cabalidad con las medidas indicadas en el párrafo anterior. Por ello, para estos casos no será necesario realizar ninguna fórmula de corrección, pues todos los valores están por debajo de los 25 ohmios.

Se han aplicado las fórmulas a los puntos de medición de Bajo La Chanchera, Calle Villalobos, Sector Las Ventas en Río Grande, bajo Los Feos y Bajo Los Locos, pues la resistividad en estos puntos no es el óptimo esperado.

De estas tablas se deduce un valor de resistividad nuevo, que se obtiene de aplicar la fórmula respectiva, en el sentido que no puede definir que para todos los puntos se aplique la misma fórmula. Estas fórmulas basan su estructura en la cantidad de varillas que deban incluirse para mejorar la resistencia. Con el nuevo valor obtenido, se vuelve al nomograma (Anexo 2), se aplica el valor en él y se obtiene el nuevo valor de resistencia en el punto medido.

Tabla 4.2

Fórmula para bajar la resistividad con la inclusión de una malla de dos electrodos en punto de medición de Bajo La Chanchera

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	PALMITOS
PUNTO =	(3) BAJO LA CHANCHERA
R1 =	5090 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2952,2 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla.	

CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.2 se muestra la aplicación de la fórmula para mejorar la resistividad en un punto de medición, incluye una malla de dos electrodos. Al inicio, se obtuvo un valor inicial de 5 090 ohmios por centímetro. Con la aplicación de la fórmula el valor de resistividad se logra bajar a 2 952,2 ohmios por centímetro, aplicando el nomograma de AEMC, se obtiene una resistencia de 8,3 ohmios para este sector.

Cuando se realice un diseño nuevo para construir una red de distribución en este sector, o cuando se requiera de la instalación de un transformador para distribución, basado en el mapeo de resistividad, se determinará que la resistividad de este terreno no es la óptima, esto al indicarse este sector con color rojo. Ante este panorama, el diseñador que consulte el mapeo de resistividad en el momento de diseñar sabrá que deberá incluir, para este punto en específico, el material requerido para realizar una malla de dos varillas, para lograr la resistencia necesaria para el correcto funcionamiento de la nueva red.

El mapeo, no solo tendrá colores que definan el tipo de tierra, sino también la numeración por subárea de medición, siempre del 1 al 20.

Se desglosa los demás puntos de mediciones que no cumplen con los márgenes conocidos. En ellos, se denota un comportamiento similar al descrito en la Tabla 4.2.

Tabla 4.3

Fórmula para mejorar la resistividad con dos varillas en el sector de Calle Villalobos

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	PALMITOS
PUNTO =	(9) CALLE VILLALOBOS
R1 =	3410 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1977,8 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω)	
RL: resistencia calculada con malla (Ω)	

R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm
 VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla.
 CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS

Fuente: Elaboración propia.

Para este sector, aplicando la Tabla 4.3, se denota como se logra disminuir la resistividad de un valor de 3 410 a 1 977,8 ohmios por centímetro. Con esto, se define un nuevo valor de resistencia para este punto: 5,7 Ω .

Es interesante analizar que, para definir estos valores de resistividad y resistencia, no es necesario tener instalados los electrodos propios del sistema de puesta a tierra. Los valores no permiten conocer el comportamiento de la resistividad primero, para luego definir la cantidad de varillas que deban instalarse para lograr un valor más adecuado, si así fuera requerido.

Tabla 4.4

Fórmula aplicada para instalar una malla de dos varillas en el punto de medición de Las Ventas en Río Grande

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL = R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	PALMITOS
PUNTO =	(12) SECTOR VENTAS
R1 =	3243 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1880,94 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En este punto, al modificar el valor de resistividad, se logra obtener un valor de 5,1 Ω en la resistencia, logrando mejorar sustancialmente.

En la Tabla 4.5, al tener un valor de resistividad elevado, se aplica la fórmula de dos electrodos, sin embargo, el resultado no logra llegar al margen establecido de 10 ohmios. Se ha obtenido un valor de resistencia de 14,2 Ω . Ante esta situación, lo que corresponde es aplicar la

fórmula para tres electrodos (Tabla 4.6) y verificar, si logra bajarse la resistividad y, por lo tanto, la resistencia.

Tabla 4.5

Fórmula aplicada para instalar malla de dos electrodos en punto de medición de bajo Los Feos

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	PALMITOS
PUNTO =	(13) BAJO LOS FEOS
R1 =	7152 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	4148,16 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.6

Fórmula de tres electrodos aplicada al punto de medición Bajo Los Feos

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/3 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUB ÁREA =	PALMITOS
PUNTO =	(13) BAJO LOS FEOS
R1 =	7152 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,16
RL =	3075,36 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la Tabla 4.6, se observa como al realizar el cálculo con tres electrodos, la resistividad baja en forma considerable. Esto, por lo tanto, dará una menor resistencia para nuestro sistema de puesta a tierra. Al calcular se logra un valor de 9,3 Ω .

En esta región se ha definido que para los sistemas de puesta a tierra debe instalarse como máximo un total de tres varillas para tierra. Sin embargo, como se verá más adelante, instalar cuatro electrodos puede ser una opción adecuada para bajar la resistividad y la resistencia.

Tabla 4.7

Fórmula para mejorar la resistencia aplicada al punto de medición de Bajo Los Locos

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	PALMITOS
PUNTO =	(16) BAJO LOS LOCOS
R1 =	4105 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2380,9 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Luego de analizar la Tabla 4.1, así como el resto de los cálculos para bajar la resistividad, se obtiene una nueva tabla con valores óptimos de resistividad (Tabla 4.8). Sin embargo, estos valores no son los que determinará el mapeo de resistividad, pues todo se presentaría como óptimo, siendo esto un concepto equivocado.

La medición con electrodos (los del telurómetro), presenta una realidad que debe ser tomada en consideración a la hora de realizar trabajos en la red de distribución eléctrica del cantón de Naranjo. Estas mediciones brindan un sondeo generalizado de las condiciones del suelo en el

que se construyen las redes eléctricas, indican la forma en que debe actuarse para lograr los valores óptimos de operación y mantenimiento de estas redes.

Este es un plan piloto, el mapeo obtenido no será preciso, pues el terreno no es igual en todos los puntos, y no se ha medido cada cierta distancia igual para todas las subáreas. Pero, la muestra tomada es considerable y esto presenta datos muy cercanos a la realidad.

Tabla 4.8

Tabla con datos corregidos tras la aplicación de las fórmulas

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN					
SUBÁREA:	PALMITOS	FECHA DE MEDICIÓN:	06/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA CALCULADA	
1 RÍO GRANDE PLAZA	9	1 122	Ω/cm	3,9	Ω
2 RÍO GRANDE POLLERA	9	341	Ω/cm	1	Ω
3 BAJO LA CHANCHERA	9	2 952,2	Ω/cm	8,3	Ω
4 CALLE TORRES	9	412	Ω/cm	0,5	Ω
5 BAR EL ESTABLO	9	667	Ω/cm	2,3	Ω
6 ENTRADA SAN ROQUE	9	260	Ω/cm	0,5	Ω
7 CIUDADELA SAN BOSCO	9	1 436	Ω/cm	4,9	Ω
8 BAJO SAN ROQUE	9	281	Ω/cm	0,5	Ω
9 CALLE VILLALOBOS	9	1 977,8	Ω/cm	5,7	Ω
10 CALLE ROJAS	9	1 060	Ω/cm	4,1	Ω
11 PUENTE RÍO GRANDE	9	621	Ω/cm	2,4	Ω
12 SECTOR DE VENTAS	9	1 880,4	Ω/cm	5,1	Ω
13 BAJO LOS FEOS	9	3 073,3	Ω/cm	9,3	Ω
14 GALERÓN ALBERTO M.	9	1 256	Ω/cm	3,5	Ω
15 GALERÓN ODENSA	9	328	Ω/cm	0,5	Ω
16 BAJO LOS LOCOS	9	4 105	Ω/cm	15,1	Ω
17 CEMENTERIO	9	2 004	Ω/cm	7,3	Ω
18 CALLE BADILLA	9	981	Ω/cm	3,3	Ω
19 LA POLLERA	9	3 024	Ω/cm	9,1	Ω
20 SECTOR ESCUELA	9	2 943	Ω/cm	9,8	Ω

Fuente: Elaboración propia.

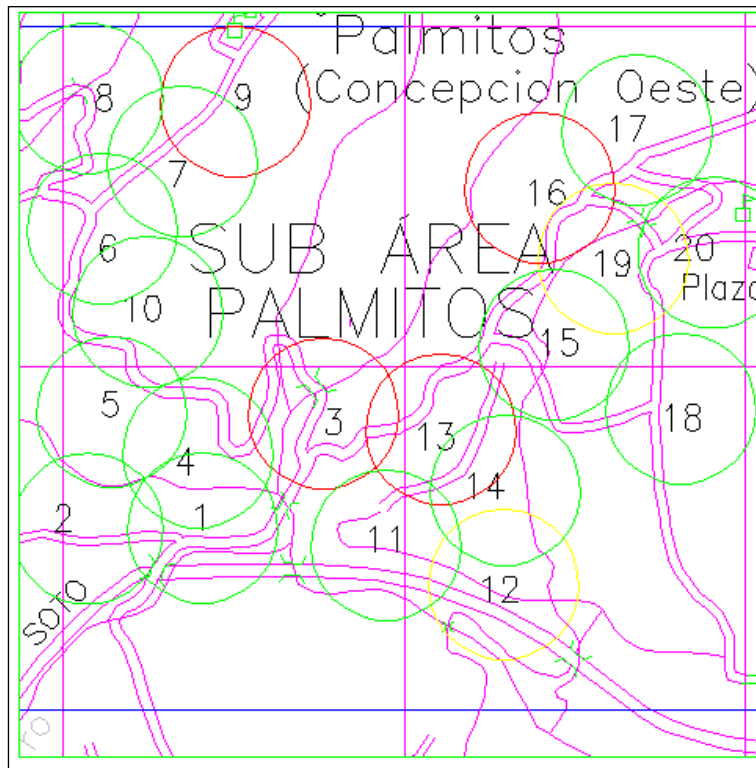
En la Tabla 4.8 se define los nuevos valores de resistividad marcados con el color verde. Como se indicó con anterioridad, esto es solo una referencia de cómo quedará el sector luego de las correcciones por medio de las fórmulas, pero el mapeo no puede realizarse con estos datos.

Una vez realizadas las mediciones, el paso siguiente ha sido demarcar los puntos medidos en cada subárea, con el color que le corresponde y el número de identificación. La demarcación se hará en forma circular y corresponderá a un diámetro de 300 m desde el punto de medida inicial y hasta intersecar con el diámetro del siguiente punto.

Este mapeo de resistividad (Figura 4.1) será ejecutado en forma digital. El CLOR Naranjo, Centro de Operación de la Red, cuenta con un sistema digitalizado, de donde se ha estriado esta imagen, al cual se le puede asignar accesos directos a los funcionarios encargados de realizar los diseños que se realiza en la red. Con esta herramienta será más fácil consultar el mapeo de resistividad.

Figura 4.1

Mapa Resistividad: Subárea Palmitos



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y Propia.

En este mapeo, se indica los colores que corresponden, según la Sección 2.2.3, a una tierra con baja resistividad, verde, con regular resistividad, amarillo, y con alta resistividad, rojo. Cada punto de medición está numerado, como se observa en la Figura 4.1. Al estar ubicado un número en el color rojo, por ejemplo, se ha determinado con antelación, que para que en ese número o

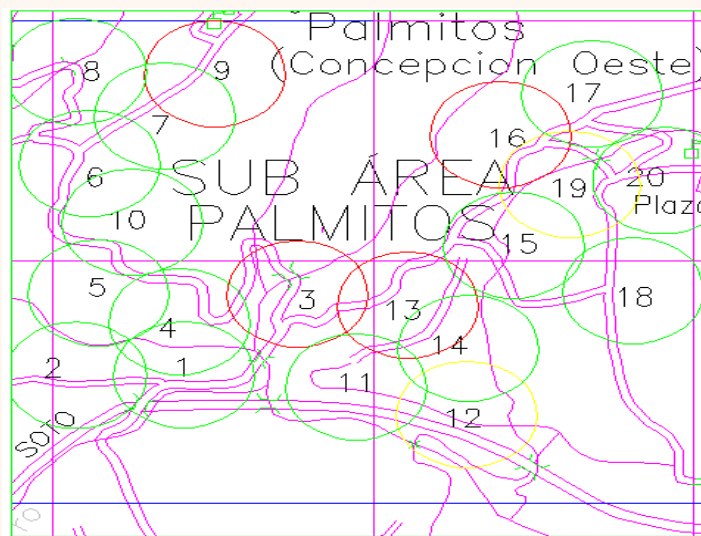
punto denominado “La Chanchera”, como ejemplo, debe incluirse dos varillas para tierra. Todo esto se indicará dentro del sistema utilizado por el CLOR Naranjo.

Luego de revisar el mapeo expuesto, se sugiere las siguientes soluciones para mejorar la resistencia de estos puntos de medición. En las Tablas Tabla 4.2, Tabla 4.3, Tabla 4.4, Tabla 4.5, Tabla 4.6 y Tabla 4.7 se ha aplicado una fórmula estándar, con el objetivo de bajar la resistividad al incluir dos o más electrodos en dicho sistema. Con la aplicación de estas fórmulas logró obtenerse el valor óptimo en la resistencia de los puntos de medición que tienen una resistividad más alta.

Como se ha mencionado en este mismo apartado, el mapeo se realizará con los datos medidos la primera vez, sin corrección en el valor de resistencia. La aplicación de las fórmulas respalda las siguientes soluciones ante estos valores de resistividad alta.

Figura 4.2

Mapa Resistividad: Subárea Palmitos con lista de puntos y opciones de mejora en la resistividad



Punto de medición 3 - Bajo La Chanchera: valor de resistencia 18 Ω . Para este sector al momento de diseñar una nueva red, instalar un transformador, deberá realizar una malla de puesta a tierra de dos electrodos o varillas para tierra.

Punto de medición 9 - Calle Villalobos: valor de resistencia 12,5 Ω . Instalar malla de dos varillas para tierra.

Punto de medición 12 - Sector de Ventas: Río Grande por la pista, valor de resistencia 11 Ω . Instalar malla de dos varillas para tierra.

Punto de medición 13 - Bajo Los Feos: valor de resistencia 26 Ω . Instalar malla de tres varillas para tierra.

Punto de medición 16 - Bajo Los Locos: valor de resistencia 15,1 Ω . Instalar una malla de dos varillas para tierra.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

4.3 SUBÁREA CONCEPCIÓN

La Subárea Concepción no dista mucho en características con la Subárea Palmitos. La topografía es muy similar. Estas dos subáreas limitan ambas entre sí. El cultivo de las tierras es en café, pero no así en Tabaco. Ambas áreas corresponden a la zona baja del cantón de Naranjo.

En este sector se ha realizado la misma cantidad de mediciones, lo cual permite tener una muestra adecuada del tipo de suelo y su resistividad.

Tabla 4.9

Datos de medición por puntos, realizada en la Subárea Concepción

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.					
SUBÁREA:	CONCEPCIÓN	FECHA DE MEDICIÓN:	08/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA CALCULADA		
1 CALLE LA QUESERA	9	2 741	Ω/cm	8,9	Ω
2 CARBACHEZ	9	7 041	Ω/cm	24	Ω
3 RANCHO MIRADOR	9	5 328	Ω/cm	22	Ω
4 PLAZA DE CONCEPCIÓN	9	1 529	Ω/cm	4,9	Ω
5 EL VATICANO	9	375	Ω/cm	0,5	Ω
6 LLANTAS FONSECA	9	1 648	Ω/cm	5,4	Ω
7 LA VUELTA DE JUAN	9	3 245	Ω/cm	13,5	Ω
8 RECTA DE ZEPILLÍN	9	4 628	Ω/cm	16	Ω
9 ALTO MURILLO	9	2 732	Ω/cm	8,8	Ω
10 SILOR	9	5 245	Ω/cm	21	Ω
11 CHECHENIA	9	125	Ω/cm	0,5	Ω
12 SECTOR CALINO	9	3 859	Ω/cm	13	Ω
13 CERRO ESPÍRITU SANTO	9	10 341	Ω/cm	41	Ω
14 GALERÓN DE HERRERAS	9	1 521	Ω/cm	4,7	Ω
15 CALLE LOS ARAYA	9	2 625	Ω/cm	8,5	Ω
16 TANQUES ACUEDUCTO	9	2 921	Ω/cm	9,8	Ω
17 ENTRADA AL CERRO	9	4 328	Ω/cm	15,2	Ω
18 IGLESIA CONCEPCIÓN	9	2 643	Ω/cm	8,6	Ω
19 LA CUESTA	9	1 251	Ω/cm	4	Ω
20 LLANTAS HERRERA	9	1 321	Ω/cm	4,5	Ω

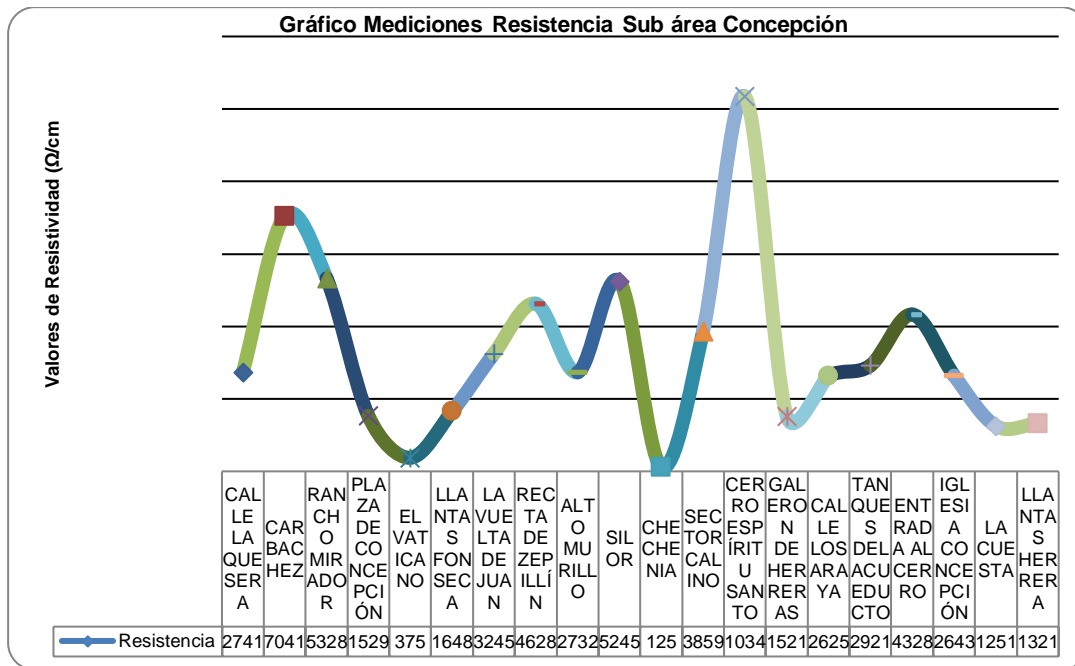
Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en la Tabla 4.1, la Tabla 4.9 ofrece los datos obtenidos tras la medición de los 20 puntos escogidos en la subárea de Concepción. Estas mediciones se realizaron bajo las mismas indicaciones y condiciones establecidas en cuanto a distancia de separación entre electrodos, puntos de transformación con cierta cantidad de abonados, etc.

Siempre se ha considerado que los terrenos dedicados a la agricultura son adecuados para una buena resistencia o resistencia baja, pero de acuerdo con la Tabla 4.9, que se detalló, se denota claramente que este criterio no es tan certero y se demuestra que la resistividad está regida por los tipos de suelo y sus componentes químicos.

Gráfico 4.3

Valores de resistividad medidos en la Subárea de Concepción



Fuente: Elaboración propia.

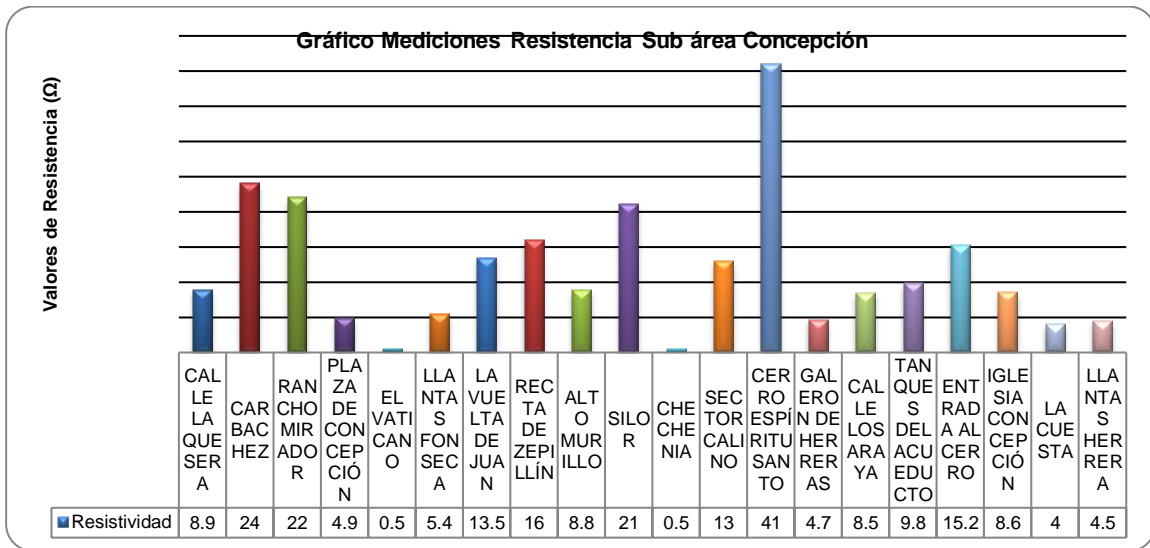
En la Tabla 4.9 se observa como de 20 puntos de medición, ocho están sobre los valores ya establecidos de 10 ohmios, prácticamente un 50 % del total de las mediciones. Inclusive, se tiene un valor que sobrepasa en valor establecido en la Sección 1.2, de 25 ohmios. En comparación con Palmitos, se da un aumento en los puntos con mayor resistencia, lo que implica, necesariamente, que en los tramos de la red de distribución que está instalada en esta subárea, la resistividad es mayor que en la subárea descrita. Sin embargo, este dato puede ser engañoso, pues

las mediciones solo se realizan a lo largo de la red eléctrica y no en todo el terreno que corresponde a cada subárea.

El Gráfico 4.3 muestra la curva característica de la resistividad en la subárea de Concepción, como se indicó al inicio de este apartado, puede definirse que el 40 % de las mediciones sobrepasan los valores establecidos como óptimos.

Gráfico 4.4

Resistencia obtenida luego de la medición de resistividad en la Subárea de Concepción



Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 4.4 muestra la curva que se obtiene luego de calcular la resistencia. En el punto de medición Cerro Espiritu Santo, se tiene un pico muy alto en la resistividad. Este es un cerro de no más de 900 m de altura, lo que hace suponer que la altura y al conocerse que un volcán que no pudo formarse, la resistividad del terreno se ve muy afectada, en comparación con los demás puntos de medición.

Tabla 4.10

Fórmula de dos electrodos aplicada al punto de medición Carbachez. Valor obtenido tras el cálculo 24 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(2) CARBACHEZ
R1 =	7041 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	4083,78 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos ya conocidos, se han aplicado las fórmulas para mejorar la resistividad con la inclusión de electrodos en malla, Sección 3.3. Los puntos de medición que deben ser replanteados son Carbachez, Rancho Mirador, La vuelta de Juan, Recta de Zepillín, El Silor, Sector Calino, Cerro Espiritu Santo y la entrada al Cerro.

Con la aplicación de la fórmula de dos varillas (Tabla 4.10), se obtiene un valor en la resistividad de 4083,78 ohmios/cm. Sin embargo, al aplicar este dato al nomograma, se verifica que la resistencia se mantiene sobre el valor óptimo; para este caso, es de 14,4 Ω. Dado lo anterior debe aplicarse la fórmula en la que se incluye tres electrodos (Tabla 4.11).

Tabla 4.11

Fórmula de tres electrodos aplicado al punto de medición Carbachez. Valor obtenido al realizar el cálculo 11 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/3 \times 1,29$ (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(2) CARBACHEZ
R1 =	7041 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	3027,63 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Con los cálculos de la Tabla 4.11, no logra llegarse a la obtención de los valores esperados. Se determina un valor de 11 Ω, por lo que deberá aplicarse la última de las fórmulas. En caso de que no logre bajar la resistividad, no se aplicará más fórmulas, pues no logrará llegarse al valor deseado.

Al aplicar la Tabla 4.12, en la cual se realiza el cálculo, incluye cuatro varillas para tierra en el sistema de puesta a tierra, logra obtenerse un valor de 8 Ω, con esto se define que, para instalar transformadores, o cualquier otro equipo especial y delicado, debe realizarse una malla de cuatro varillas o electrodos.

Tabla 4.12

Fórmula de cuatro electrodos aplicada al punto de medición Carbachez. Valor de la resistencia final 8 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/4 \times 1,36$ (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(2) CARBACHEZ
R1 =	7041 Ω/cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL =	2393,94 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.13 y Tabla 4.14 se muestra el punto de medición Rancho Mirador. Al aplicar la fórmula para dos varillas, el valor de resistividad obtenido fue de 11 Ω, por lo que se tuvo que recurrir a la fórmula para tres varillas con lo que se obtuvo un valor de 7,9 Ω.

Tabla 4.13

Fórmula de dos varillas aplicada al punto de medición del Rancho Mirador. Valor de la resistencia obtenida 11 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(3) RANCHO MIRADOR
R1 =	5328 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3090,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm	

VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla.
 CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS

Fuente: Elaboración propia.

En Tabla 4.14 se aplica la fórmula para tres varillas, esto se da por cuanto no logró disminuirse el valor de 5328 Ω/cm a un valor menor a los 3000 Ω/cm . Ante esta situación con la aplicación de la fórmula para tres varillas, si se logra esta disminución y, por lo tanto, se obtiene un valor óptimo en la resistencia de los sistemas de puesta a tierra.

Tabla 4.14

Aplicación de la fórmula para tres varillas en el punto de medición trancho Mirador. Valor de la resistencia 7,9 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/3 \times 1,29$ (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(3) RANCHO MIRADOR
R1 =	5328 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	2291,04 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.15 y Tabla 4.16, logra disminuirse el valor de resistividad a 1882,1 Ω/cm , con esto se logra bajar el valor de la resistencia a 7,2 Ω , esto en la Tabla 17. En la Tabla 4.16 se disminuye la resistividad a un valor de 2684,24 Ω/cm , modificando la resistencia con un valor de 7,2 Ω . En estas tablas se nota que la tierra tiene un comportamiento regular, lo que permite tomar medidas correctivas de forma ágil y oportuna.

Tabla 4.15

Aplicación de la fórmula para dos varillas en punto de medición de vuelta de Juan. Valor de la resistencia calculada 5,6 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE 2 VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(3) LA VUELTA DE JUAN
R1 =	3245 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1882,1 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.16

Aplicación de la fórmula de dos varillas para el punto de medición ubicado en recta Zepillín. Valor obtenido 7,2 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(8) RECTA DE ZEPILLÍN
R1 =	4628 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2684,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.17, de una resistencia de 3859 Ω/cm ., logra disminuirse el valor medido a

2238,22. Para este caso, solo es necesaria la instalación de dos varillas para tierra. La aplicación de la fórmula permitió realizar un cambio significativo.

Tabla 4.17

Fórmula de dos varillas para el sector de Calino. Valor obtenido luego de realizar el cálculo respectivo 7,5 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(12) SECTOR DE CALINO
R1 =	3859 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2238,22 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

El Sector Calino es un precario con una cantidad de habitantes de aproximadamente 200, por las características propias de este tipo de asentamientos las casas poseen estructuras muy débiles. Sin embargo, se presenta la que en la mayoría de los casos se cuenta con equipos electrónicos muy sensibles a sobre corrientes, como pantallas planas, entre otros.

Al revisar la Tabla 4.18,Tabla 4.19 y la Tabla 4.20, se nota cómo al aumentar la cantidad de varillas en la fórmula, la resistencia tiende a bajar. Sin embargo, el ICE considera que más de cuatro varillas no logrará bajar más la resistencia en una forma considerable. Ante esta situación, la recomendación adecuada para este punto es utilizar el químico llamado Bentonita, el cual mejorará las condiciones del terreno. El uso de este químico puede ocasionar problemas, pues con el paso del tiempo corroe las varillas para tierra.

Tabla 4.18

Fórmula aplicada con dos varillas para el sector del Cerro Espiritu Santo. Valor obtenido tras el cálculo 23,9 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(13) CERRO ESPIRITU SANTO
R1 =	10 341 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	5997,78 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.19

Fórmula aplicada para tres varillas en el sector del Cerro Espiritu Santo. Valor obtenido 16 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/3 X 1,29 (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUB ÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(13) CERRO ESPIRITU SANTO
R1 =	10 341 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	4446,63 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.20

Cálculo de resistividad utilizando cuatro varillas. Valor de resistencia obtenido 13 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/4 \times 1,36$ (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(13) CERRO ESPIRITU SANTO
R1 =	10 341 Ω/cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL =	3515,94 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

El nombre de este sector es Cerro Espiritu Santo, pues en realidad es un Cerro, que por sus condiciones y por tener antecedentes de haber sido un volcán, se determina que en este sector la resistividad es muy alta y, por lo tanto, afectará la resistencia en este sector.

En la Tabla 4.18 se logró bajar un valor muy alto de resistividad, de 10 341 a 5997 ohmios por centímetro. El mismo paso se da en la Tabla 4.19, donde baja la resistividad a 4446 ohmios por centímetro, realizando el cálculo con tres varillas. Al incluir las cuatro varillas, se bajó la resistividad a 3515 ohmios en la Tabla 4.20.

Tabla 4.21

Cálculos realizados con dos varillas en el sector de la entrada al Cerro. Valor obtenido, 8 Ω

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	CONCEPCIÓN
PUNTO =	(17) ENTRADA AL CERRO
R1 =	4328 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2510,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm	

VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS
--

Para la Tabla 4.21, con aplicar la instalación de dos varillas en este punto, se logra disminuir considerablemente la resistividad del terreno.

Con los datos obtenidos a lo largo de estos cálculos, sí tiene una nueva tabla de medición (Tabla 4.22), la cual no es la que indica los valores del mapeo de resistividad. En las recomendaciones de este caso, se brindará la opción de instalar una varilla, dos varillas, tres varillas o cuatro varillas para tierra.

Para poder instalar estos electrodos, se logra uno de los requisitos básicos de las mallas, logran que el conducto de cobre sea continuo, que no esté partido. Al conocer la resistividad y resistencia de un lugar, podrá diseñarse bien la cantidad de cable de cobre que se requiera, así como la cantidad de alambre de cobre por utilizar.

Tabla 4.22

Datos de la medición de puntos con los valores de resistividad y resistencia corregidos, Concepción

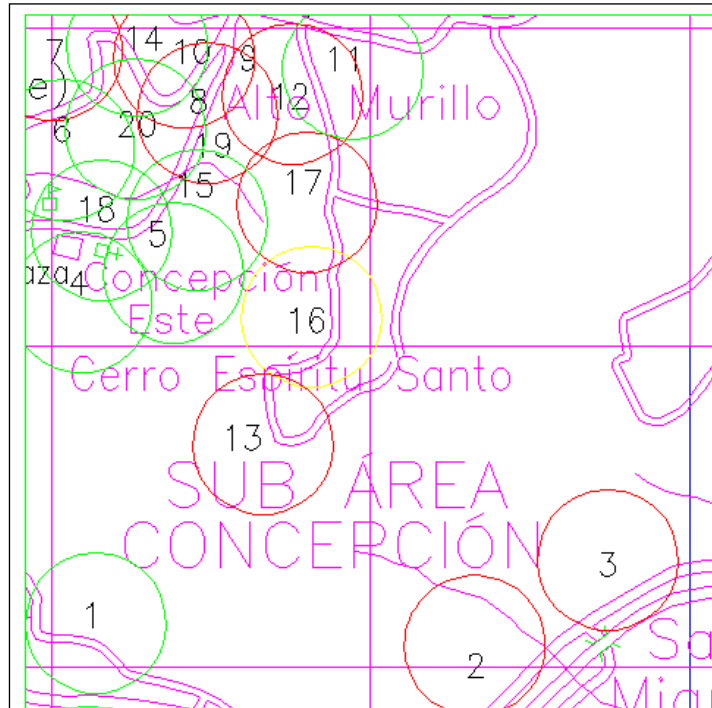
TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.					
SUBÁREA:	CONCEPCIÓN	FECHA DE MEDICIÓN:	08/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA CALCULADA		
1 CALLE LA QUESERA	9	2 741	Ω/cm	8,9	Ω
2 CARBACHEZ	9	2 393,94	Ω/cm	8	Ω
3 RANCHO MIRADOR	9	2 291,04	Ω/cm	7,9	Ω
4 PLAZA DE CONCEPCIÓN	9	1 529	Ω/cm	4,9	Ω
5 EL VATICANO	9	375	Ω/cm	0,5	Ω
6 LLANTAS FONSECA	9	1 648	Ω/cm	5,4	Ω
7 LA VUELTA DE JUAN	9	1 882,1	Ω/cm	5,6	Ω
8 RECTA DE ZEPILLÍN	9	2 684,24	Ω/cm	7,2	Ω
9 ALTO MURILLO	9	2 732	Ω/cm	8,8	Ω
10 SILOR	9	2 238,22	Ω/cm	7,5	Ω
11 CHECHENIA	9	125	Ω/cm	0,5	Ω
12 SECTOR CALINO	9	2 238,14	Ω/cm	7,9	Ω
13 CERRO ESPÍRITU SANTO	9	3 515,94	Ω/cm	13	Ω
14 GALERÓN DE HERRERAS	9	1 521	Ω/cm	4,7	Ω
15 CALLE LOS ARAYA	9	2 625	Ω/cm	8,5	Ω
16 TANQUES ACUEDUCTO	9	2 921	Ω/cm	9,8	Ω
17 ENTRADA AL CERRO	9	2 510,4	Ω/cm	8	Ω
18 IGLESIA CONCEPCIÓN	9	2 643	Ω/cm	8,6	Ω
19 LA CUESTA	9	1 251	Ω/cm	4	Ω
20 LLANTAS HERRERA	9	1 321	Ω/cm	4,5	Ω

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.22 se define los nuevos valores de resistividad marcados con el color verde. Como se indicó, esto es solo una referencia de cómo quedará el sector luego de las correcciones por medio de las fórmulas, pero el mapeo no puede realizarse con estos datos.

Figura 4.3

Mapa Resistividad: Subárea Concepción



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

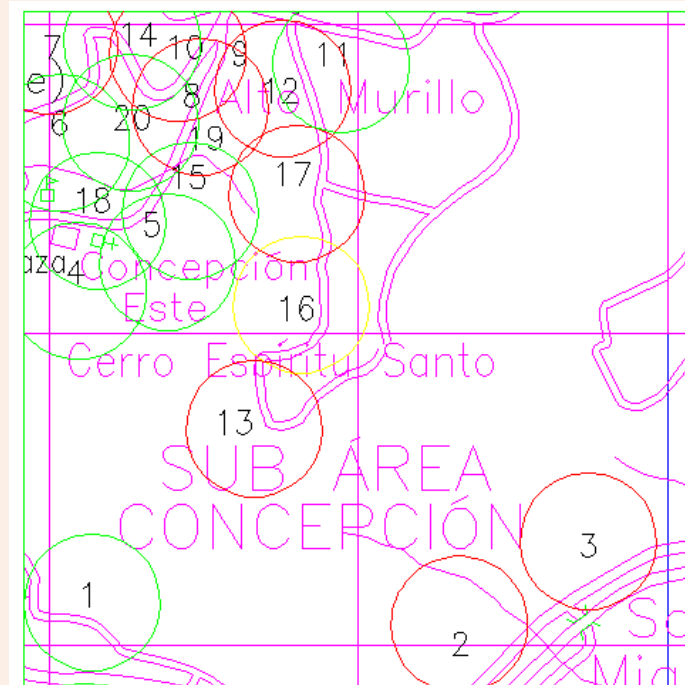
Una vez realizadas las mediciones, el paso siguiente ha sido demarcar los puntos medidos en esta subárea, con el color que le corresponde y el número de identificación. La demarcación se hace en forma circular y corresponde a un diámetro de 300 m desde el punto de medida inicial y hasta intersectar con el diámetro del siguiente punto, lo que no implica que en el terreno no se den cambios.

En este mapa de resistividad,

Figura 4.3, se logra determinar, al igual que en el mapa de la Figura 4.1, los diferentes puntos en los cuales se tiene una resistividad baja, regular o alta. Por la ubicación geográfica del terreno y por ser un lugar con dos accesos, el mapeo no quedó del todo con continuidad de mediciones, pero sí se garantiza la cobertura de los puntos de transformación más importantes en esta zona.

Figura 4.4

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Concepción, con recomendaciones por punto de medición indicado



Punto de Medición 2: Carbachez: aplicar malla de cuatro varillas para tierra.

Punto de Medición 3: Rancho Mirador: aplicar una malla de tres varillas para tierra.

Punto de Medición 7: se debe aplicar la instalación de malla para tierra de dos varillas.

Punto de Medición 8- Recta de Zepillín: se ha definido que se requiere una malla de dos varillas.

Punto de Medición 12 – Calino: se debe instalar una malla de dos varillas para mejorar la resistividad del terreno.

Punto de Medición 13 - Cerro Espiritu Santo: no se recomienda el uso de varillas adicionales con la instalación de una malla. Acá debe instalarse la malla de cuatro varillas y aplicar bentonita en forma adicional a cada una de las varillas para mejorar la resistividad del terreno.

Para el **punto 17** aplicar la instalación de una malla de dos varillas para tierra.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

Luego de revisar el mapeo expuesto, se sugiere las siguientes soluciones para mejorar la resistencia de estos puntos de medición. En las Tablas Tabla 4.11, Tabla 4.12, Tabla 4.13, Tabla 4.14, Tabla 4.15, Tabla 4.16, Tabla 4.17, Tabla 4.18, Tabla 4.19, Tabla 4.20 y la Tabla 4.21, se ha aplicado una fórmula estándar con el objetivo de bajar la resistividad al incluir dos o más electrodos en dicho sistema. Con la aplicación de estas fórmulas logró obtenerse el valor óptimo en la resistencia de los puntos de medición que tienen una resistividad más alta.

Para caso en especial del Cerro el Espíritu Santo, el valor medido sobrepasa los márgenes requeridos, en especial, para transformación (Tabla 4.18, Tabla 4.19 y Tabla 4.20). Ante la situación de no lograr cumplir con los datos establecidos, aplicando las fórmulas ya establecidas, recomienda utilizarse químicos.

4.4 SUBÁREA VACA MUERTA

Al analizar la subárea Vaca Muerta, se ha encontrado un lugar que es de paso en el sentido, que, en su mayoría, está compuesto por haciendas cafetaleras. Ante esta situación, esta subárea tiene una topografía relativamente quebrada, en donde predomina el cultivo del café y que cuenta con una población de escasos recursos. La mayoría de las casas se encuentran cerca de la radial a Naranjo, o en las cercanías de la autopista Bernardo Soto. En esta subárea se han hecho 10 mediciones, debido a las condiciones descritas, y que la red es muy poco extensa en este sector.

Tabla 4.23

Datos de medición por puntos en la Subárea de Vaca Muerta

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	VACA MUERTA	FECHA DE MEDICIÓN:	09/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA		
1 PLANTEL ICE	9	1 231	Ω/cm	4,6	Ω	
2 LA GALLERA	9	1 428	Ω/cm	5	Ω	
3 CRUCE TAPA	9	2 342	Ω/cm	8	Ω	
4 ALTO EL SITIO	9	3 425	Ω/cm	11,7	Ω	
5 PLANTEL ODILÓN	9	1 452	Ω/cm	4,7	Ω	
6 VACA MUERTA	9	812	Ω/cm	2,4	Ω	
7 HACIENDA	9	1 219	Ω/cm	4,5	Ω	
8 CASA DE CHICO	9	3 142	Ω/cm	11,2	Ω	
9 CASA MARCOS SALAS	9	3 259	Ω/cm	12,5	Ω	

10 ANTIGUO HOSPITAL	9	3 125	Ω/cm	11,1	Ω
---------------------	---	-------	-------------	------	----------

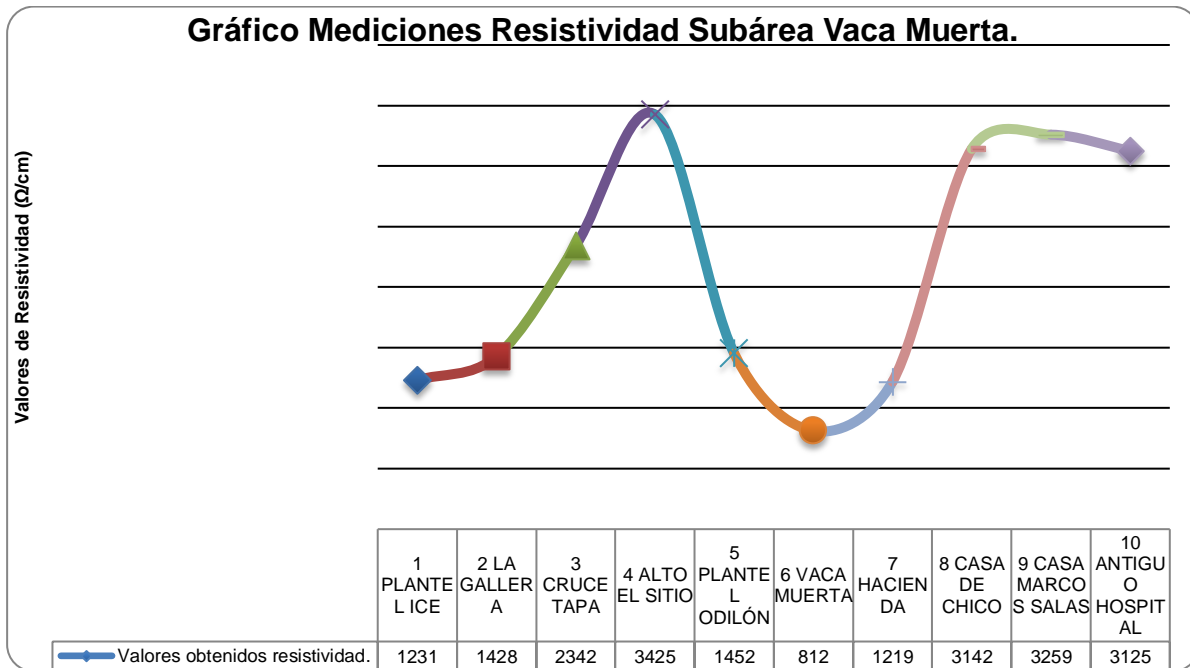
En la Tabla 4.23, del total de las mediciones realizadas, un 40 % ha sobrepasado los valores óptimos, en especial, para instalar transformadores, esto por cuanto para aberturas, medidores y remates de líneas, se estima en 25 Ω el valor máximo permitido.

Si se revisa con detenimiento, se observa que los valores de resistencia están cerca de los 10 Ω que han sido establecidos por el ICE, con base en la normativa técnica de la Aresep, ARNTACO, para la instalación de transformadores o cualquier otro equipo especial en la red de distribución eléctrica.

Tomando estos datos, basado en los estudios anteriores, puede determinarse que, con la instalación de una malla de dos varillas, en cada punto de medición que no está en cumplimiento de la normativa del ICE, sería suficiente para obtener los valores de resistencia que son requeridos en estos casos. Sin embargo, se ha realizado el procedimiento requerido para demostrar que lo propuesto es certero.

Gráfico 4.5

Datos de resistividad obtenidos tras la medición en la Subárea Vaca Muerta



Fuente: Elaboración propia.

Se ha determinado que valores de resistencia superiores a los 30 ohmios de resistencia, utilizando una fórmula para la instalación de cuatro varillas para tierra, no podrá llegar a cumplirse con los 10 ohmios establecidos como óptimos para los sistemas de puesta a tierra. De igual forma, para lecturas que brinden un valor superior a los 70 ohmios, no podrá cumplirse con los 25 ohmios establecidos para los puntos en los que la red está abierta.

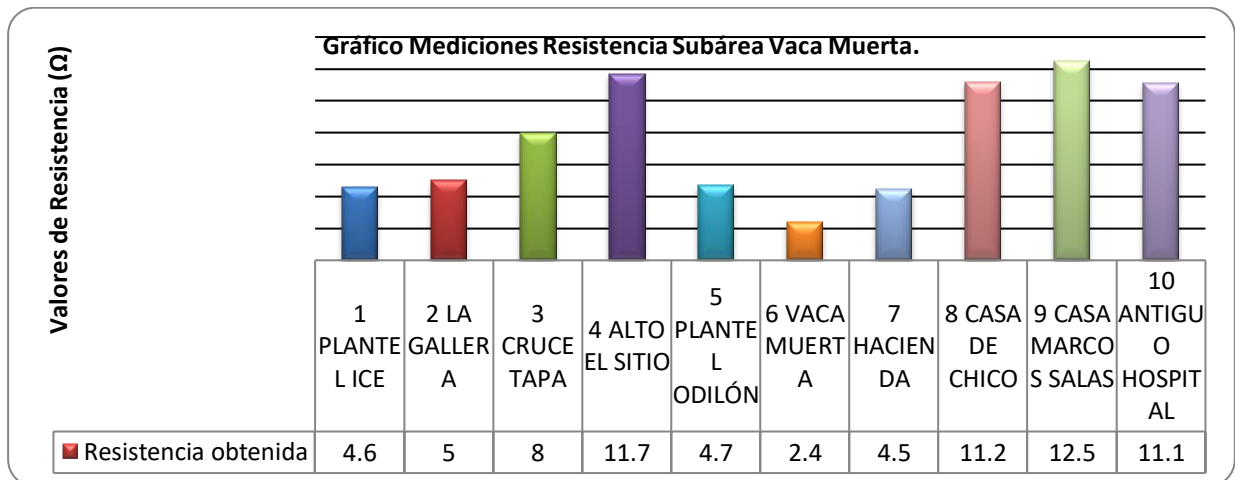
En el Gráfico 4.5, el cual corresponde a la representación gráfica de la resistividad obtenida tras la medición de la subárea Vaca Muerta, vemos el comportamiento de la resistividad en este sector. Los valores que sobrepasen los 3000 Ω / cm , son los que están con una resistividad muy elevada y que, por ende, deben ser corregidos.

Lugares como el Alto el Sitio y el sector del antiguo hospital, han sobrepasado el margen de los 10 Ω ; sin embargo, son óptimos para el de los 25 Ω . Este proyecto se ha enfocado principalmente en los puntos de transformación de las redes de distribución, por lo tanto, se busca llegar al valor de los 10 Ω en estos puntos de transformación y protección.

En el Gráfico 4.5 se denota como en sectores como el Alto el Sitio, se cuenta con valores de 3 500 Ω/cm , por lo que se debe tomar en consideración este dato para dejar las puestas a tierra en estos sectores funcionando adecuadamente.

Gráfico 4.6

Mediciones obtenidas tras aplicar el nomograma de AEMC, para la Subárea de Vaca Muerta



Fuente: Elaboración propia.

Se presenta el Gráfico 4.6 con los datos de resistencia, los cuales reflejan que los mismos puntos indicados, son los que deben ser valorados y revisados para su pronta mejora. Los sectores

de Alto el Sitio, la casa de Chico Mena, Marcos Salas y el antiguo hospital son los sectores que están siendo afectados con una resistividad relativamente elevada.

Se presenta los cuadros donde se ha realizado los cálculos necesarios para mejorar los valores de resistencia iniciales. Según los resultados de estos, en los sectores sobre los cuales se ha trabajado estas fórmulas, logrará mejorarse con la instalación de una malla de dos electrodos.

Tabla 4.24

Aplicación de la fórmula para mejorar la resistencia con dos varillas para tierra

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	VACA MUERTA
PUNTO =	(4) ALTO EL SITIO
R1 =	3425 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1986,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.25

Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector de Casa de Chico

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	VACA MUERTA
PUNTO =	(8) CASA DE CHICO
R1 =	3142 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1822,36 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.26*Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector de Casa de Marcos*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA=	VACA MUERTA
PUNTO=	(9) CASA DE MARCOS SALAS
R1=	3259 Ω/cm
VARILLAS=	2
CONSTANTE=	1,16
RL=	1890,22 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 4.27***Aplicación de la fórmula de dos varillas par el punto de medición del Antiguo Hospital*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	VACA MUERTA
PUNTO =	(10) ANTIGUO HOSPITAL
R1 =	3125 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1812,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.24, Tabla 4.25, Tabla 4.26 y Tabla 4.27, se aplicó el cálculo correspondiente a la inclusión de dos varillas para tierra en cada punto de medición. Así se logra determinar cómo el valor de 3425 Ω/cm en el sector de Alto el Sitio (Tabla 4.24) baja a 1986, 5 Ω/cm, lo que nos da un valor de 6,4 Ω en la resistencia de este punto.

En las demás tablas logra obtenerse el mismo resultado, bajar la resistividad con la inclusión de más varillas y, por lo tanto, se obtienen nuevos valores de resistencia. Para la Casa de Chico, el nuevo valor de resistencia es de 6,2 Ω ; para la casa de Marcos, es de 6,3 Ω y para el Sector del antiguo Hospital su resistencia se indica como 6,1 Ω .

Ante estos valores, la tabla de datos obtenidos tras las mediciones queda como se indica en el siguiente cuadro:

Tabla 4.28

Cuadro con los nuevos datos de resistividad y resistencia, luego de realizar los cálculos con la fórmula para dos varillas para tierra

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	VACA MUERTA	FECHA DE MEDICIÓN:	08/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN		DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA	
1 PLANTEL ICE		9	1 231	Ω/cm	4,6	Ω
2 LA GALLERA		9	1 428	Ω/cm	5	Ω
3 CRUCE TAPA		9	2 342	Ω/cm	8	Ω
4 ALTO EL SITIO		9	3 425	Ω/cm	6,4	Ω
5 PLANTEL ODILÓN		9	1 452	Ω/cm	4,7	Ω
6 VACA MUERTA		9	812	Ω/cm	2,4	Ω
7 HACIENDA		9	1 219	Ω/cm	4,5	Ω
8 CASA DE CHICO		9	3 142	Ω/cm	6,2	Ω
9 CASA MARCOS SALAS		9	3 259	Ω/cm	6,3	Ω
10 ANTIGUO HOSPITAL		9	3 125	Ω/cm	6,1	Ω

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.28 se define los nuevos valores de resistividad marcados con el color verde. Como se indicó, esto es solo una referencia de cómo quedará el sector luego de las correcciones por medio de las fórmulas, pero el mapeo no puede realizarse con estos datos.

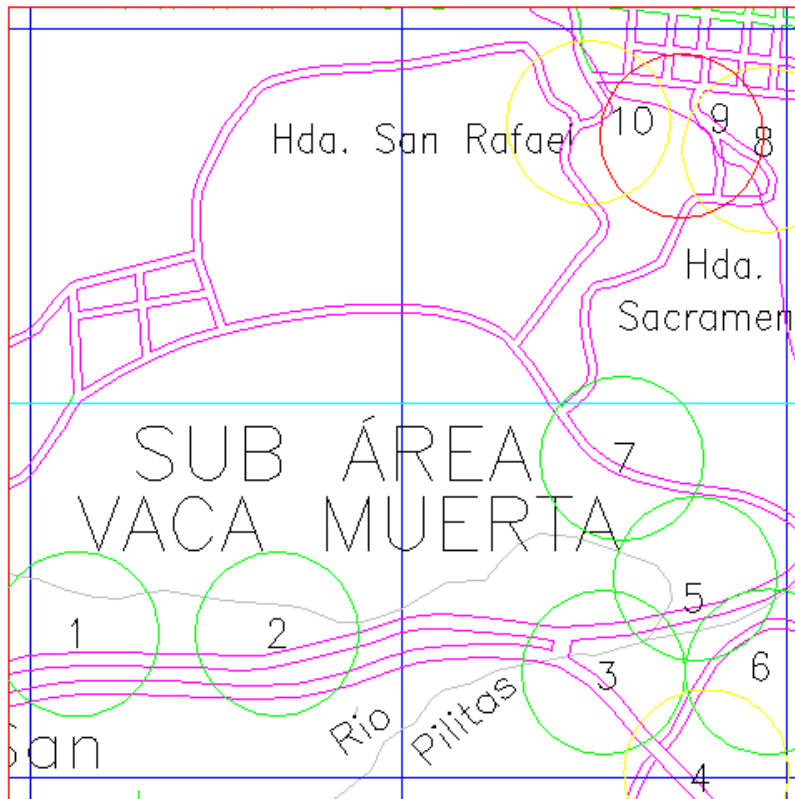
Una vez realizadas las mediciones, el paso siguiente ha sido demarcar los puntos medidos en esta subárea, con el color que le corresponde y el número de identificación. La demarcación se hace en forma circular y corresponde a un diámetro de 300 m desde el punto de medida inicial y

hasta intersectar con el diámetro del siguiente punto, lo que no implica que en el terreno no se den cambios.

Ciertamente, puede considerarse que, en un diámetro de 300 metros, la resistividad del terreno sufre pocas variaciones. Sin embargo, al existir una variedad tan amplia de terrenos, no puede precisarse que, en estos tramos, no se den cambios en cualquier momento.

Figura 4.5

Mapa Resistividad, Subárea Vaca Muerta



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red y propia.

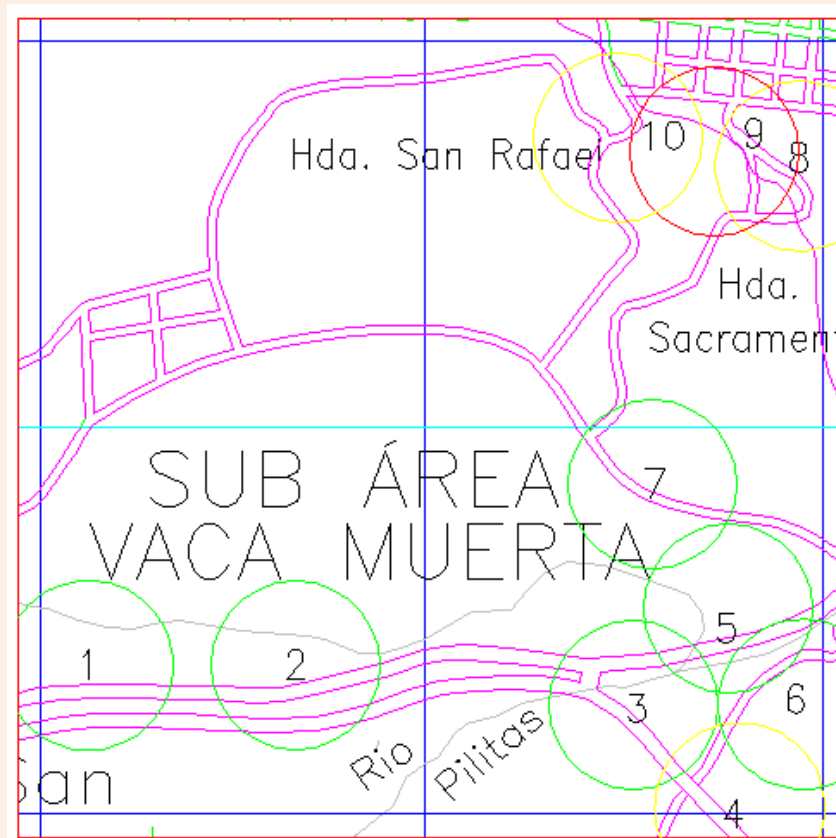
Según la Figura 4.5 el mapeo de resistividad de los diferentes sectores que comprenden esta subárea se mantiene con valores de resistividad buenos. Cuatro de los puntos medidos se han marcado con amarillo, lo que indica que la resistencia es regular en estas áreas.

Así, se determina las diferentes soluciones de mejora para cada punto de medición. En el Mapa de Resistividad, Figura 4.6, que se verá a continuación, se brinda las soluciones para cada sector. Sin embargo, como en este caso, coincidió el uso de la misma fórmula para todos los puntos,

se conoce que deberá instalarse dos varillas para tierra en cada punto de medición que sobrepasó los 10Ω previamente establecidos y muy mencionados.

Figura 4.6

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Vaca Muerta, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea Vaca Muerta

Punto 4 - Alto el Sitio: aplicar malla para dos varillas.

Punto 8 - Casa de Chico: aplicar malla para dos varillas.

Punto 9 - Casa de Marcos: aplicar malla para dos varillas.

Punto 10 - Antiguo Hospital: aplicar malla para dos varillas.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

Con este mapeo, se plantea las soluciones que han mostrado la investigación y los cálculos efectuados al respecto y que fueron presentados en esta sección. Este mapeo de resistividad formará parte de un mapeo en conjunto de toda la zona de Naranjo, a la cual se le ha aplicado el estudio.

4.5 SUBÁREA DULCE NOMBRE

La subárea de Dulce Nombre es un sector en el cual la ciudad se combina con el campo. La topografía del terreno es levemente quebrada y su principal ocupación es compartida por el café y las casas de habitación de la gran cantidad de personas que ha desestimado vivir en el casco central de Naranjo. En su mayor parte, la población de este sector es de clase media baja. Pero, en todas las casas, se cuenta con dispositivos electrónicos de cuidado, en especial, cuando se producen descargas eléctricas en la red que alimenta sus hogares.

Para este caso, al igual que para las restantes nueve subáreas, el análisis será un poco menos detallado, pues los trabajos realizados en las subáreas restantes a las analizadas, es el mismo que fue aplicado en estas subáreas. Esto no significa que los valores de resistencia y resistividad obtenidos tras las mediciones sean siempre iguales.

Tabla 4.29

Datos de medición por puntos en la Subárea de Dulce Nombre

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.					
SUBÁREA:	DULCE N.	FECHA DE MEDICIÓN:		09/06/2024	
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA	
1 LA UNIDAD	9	3 142	Ω/cm	12,1	Ω
2 LICORERA DON PEPE	9	7 242	Ω/cm	27	Ω
3 TALLER JOHANSON	9	1 428	Ω/cm	4,9	Ω
4 LUBRICENTRO LA FUENTE	9	5 249	Ω/cm	20	Ω
5 RESTAURANTE EL CERRO	9	742	Ω/cm	2,3	Ω
6 TANQUE EL ACUEDUCTO	9	1 005	Ω/cm	3,5	Ω
7 ASERRADERO	9	4 307	Ω/cm	14,8	Ω
8 PILAS	9	4 556	Ω/cm	15,1	Ω
9 CEMENTRIO	9	512	Ω/cm	1,8	Ω
10 SUBESTACIÓN	9	125	Ω/cm	0,5	Ω
11 LA PLAZA	9	842	Ω/cm	2,6	Ω
12 LA ESCUELA	9	3 743	Ω/cm	16	Ω
13 GEOVANÓN	9	1 421	Ω/cm	5,1	Ω
14 ENTRADA AL ROSARIO	9	942	Ω/cm	3,1	Ω
15 LOS RIVERA	9	321	Ω/cm	0,5	Ω

16 CALLE MONGE	9	3 948	Ω/cm	14,6	Ω
17 RAMÓN CORRALES	9	752	Ω/cm	2,6	Ω
18 LA PRESA	9	1 119	Ω/cm	4,2	Ω
19 BAJO LA RESACA	9	1 321	Ω/cm	4,4	Ω
20 CAMINO VIEJO	9	432	Ω/cm	0,5	Ω

Fuente: Elaboración propia.

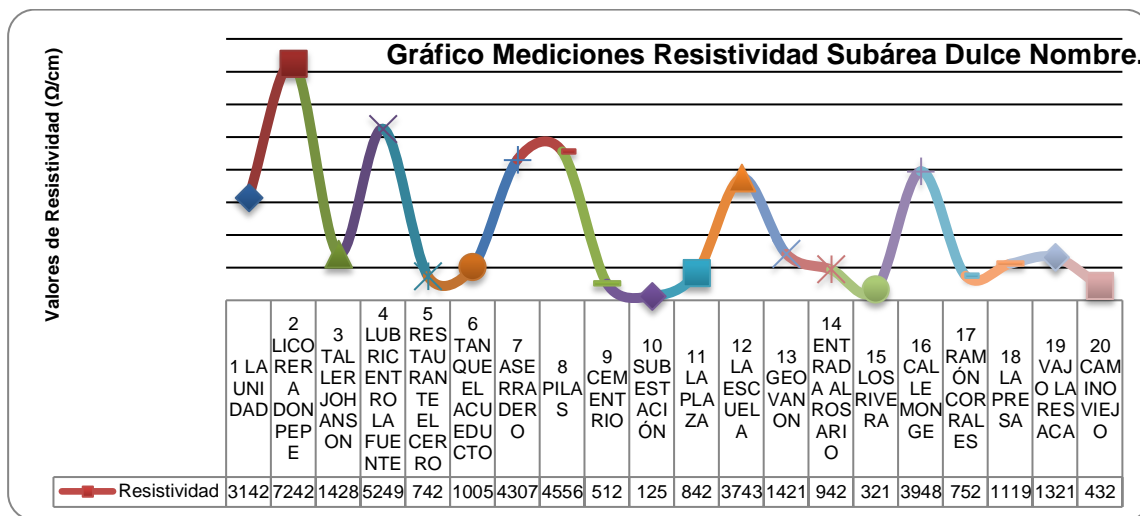
La Tabla 4.29 muestra los datos obtenidos tras la medición de 20 diferentes puntos de medición correspondientes a la Subárea Dulce Nombre. En ella se desglosa que seis de los 20 puntos que fueron medidos, han quedado sobre el valor de los 10 ohmios.

Al igual que las subáreas que han sido estudiadas, para estos puntos se aplicará las fórmulas con las que se ha trabajado para lograr disminuir los valores de resistividad, y así obtener una resistencia óptima en los equipos instalados en la red de distribución eléctrica del ICE.

Se desglosará cada uno de los puntos que se han sobrepasado de los rangos de medición adecuados, más adelante. Es necesario valorar los gráficos que presenta el estudio de esta subárea.

Gráfico 4.7

Mediciones obtenidas tras la medición de la resistividad, Subárea Dulce Nombre



Fuente: Elaboración propia.

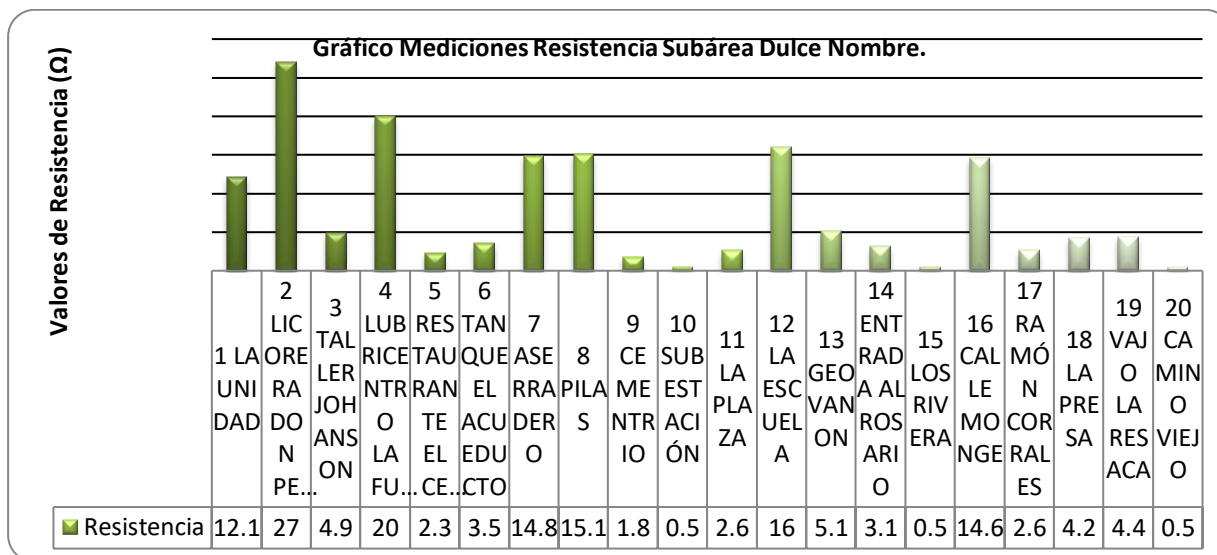
El Gráfico 4.7, que acaba de ser expuesto, determina la curva de la resistividad en el sector de Dulce Nombre. De 20 puntos medidos, siete cuentan con una resistividad alta. Ante esta situación, el ICE deberá tomar las mediciones correctivas, para lograr bajar estos puntos, y así cumplir con los objetivos de este proyecto y del ICE como empresa.

Con los datos que se obtienen de este gráfico y de cada una de las secciones que fueron medidas, logra determinarse las variables que indicarán, por medio del nomograma de AEMC, los valores de resistencia para los diferentes sectores que comprenden esta subárea.

Con estos datos se confecciona el Gráfico 4.8, el cual presenta la resistencia en forma puntual en cada sección, determina cuáles de las secciones están sobre los 10 ohmios y cuáles se encuentran en los márgenes óptimos de resistencia y resistividad.

Gráfico 4.8

Resistencia obtenida tras la medición de resistividad en la Subárea de Dulce Nombre



Fuente: Elaboración propia.

Con base en el Gráfico 4.8, se define que los sectores de Licorera Don Pepe, La Unidad, Lubricentro La Fuente, El Aserradero, Pilas, La Escuela y Calle Monge, son terrenos en los cuales la resistividad del terreno da valores de resistencia que sobre pasan los 10 Ω requeridos en la red, para tener un servicio de calidad a los abonados del ICE.

De la información descrita, proceden a aplicarse las fórmulas de corrección que se han trabajado en las otras subáreas. Con estos procedimientos logran definirse los métodos necesarios para la adecuada corrección de estos valores, y así llegar al valor más adecuado, de acuerdo con los intereses del ICE y en beneficio de los abonados de esta empresa.

Para efectos de este proyecto, y dado que, en las subáreas desarrolladas, en especial la 4.1 y la 4.2 de este capítulo, no se desarrollará con amplitud cada una de las tablas que se presenta en

esta sección, porque la interpretación de las tablas es la misma en todas las subáreas, definiendo que para un punto determinado en el que no se cumple con los valores normalizados, debe aplicarse una fórmula específica que dará, mediante la inclusión de dos varillas, tres varillas o cuatro varillas, un nuevo valor de resistencia que será utilizado a la hora de realizar diseños de redes de distribución eléctrica.

Las interpretaciones se limitarán a comentarios breves de ellas y una pequeña descripción de los resultados obtenidos tras cada una de las mediciones y aplicación de la fórmula respectiva, así como la notación del valor de resistencia resultante tras la aplicación de estos métodos.

Tabla 4.30

Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Unidad, Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(1) LA UNIDAD
R1 =	3142 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1822,36 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 4.30, luego de aplicar la fórmula para una malla de dos varillas para tierra, esto en el sector de Dulce Nombre, se logra bajar la resistividad de 3142 Ω/cm a 1882,36 Ω/cm, obteniendo así una resistencia de 5,6 Ω.

De acuerdo con la Tabla 4.31, el sector de la Licorera don Pepe, presenta un valor de resistividad que sobrepasa los 3000 Ω/cm. Esto implica que la fórmula aplicada en esta tabla no tendrá el efecto esperado. Así se obtiene un valor de 4200,36 Ω/cm, lo que implica que, para poder llegar a un valor adecuado, debe aplicarse una nueva fórmula.

Por el valor de resistividad, se define que es necesario aplicar la fórmula para cuatro varillas. Con la fórmula utilizada en la Tabla 4.31, se obtuvo un valor de resistencia de 14,1 Ω .

Tabla 4.31

Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector de Licorera Don Pepe, Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(2) LICORERA DON PEPE
R1 =	7242 Ω /cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	4200,36 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω /cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar la Tabla 4.32, los valores de resistividad se reducen considerablemente. De esta forma, se logra llegar al valor óptimo, pues se obtiene un valor de 8 Ω .

Tabla 4.32

Aplicación de la fórmula de cuatro varillas, en sector de la Licorera Don Pepe, Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/4 X 1,36 (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(2) LICORERA DON PEPE
R1 =	7242 Ω /cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL =	2462,28 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω /cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Con la Tabla 4.33, luego de realizar los cálculos en este punto, logra bajarse la resistividad a 3044,42 Ω/cm . Con este valor, la resistencia obtenida es de 10,5 Ω . Con un margen tan bajo sobre el valor, el mismo se considera aceptable, y no implica que deba agregarse una varilla adicional. Estos valores, en su mayoría, han sido tomados en lugares secos, en una época en la que la cantidad de lluvias ha disminuido considerablemente. Esto hace que los valores sean muy buenos, pues cuando se presente humedad en el terreno, los valores de resistividad tenderán a disminuir.

Tabla 4.33

Aplicación de la fórmula de dos varillas en el sector de La Fuente, en Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(4) LA FUENTE
R1 =	5 249 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3 044,42 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.34, los valores de resistividad aplicados en el cuadro dan como resultado una mejora en la resistencia, pues se obtiene un valor de 8,5 Ω . logra disminuirse de 4307 Ω/cm , a un valor de 2498,06 Ω/cm .

Tabla 4.34

Aplicación de la fórmula para dos varillas en el sector El Aserradero, Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(7) ASERRADERO
R1 =	4307 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2498,06 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el cálculo y obtener un valor inferior a los 3000 Ω/cm , puede definirse sin necesidad de aplicar el nomograma de AEMC, que la resistencia cumple con los valores estandarizados.

Tabla 4.35

Aplicación de la fórmula de dos varillas en Pilas, Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(8) PILAS
R1 =	4556 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2642,48 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que la Tabla 4.34, los datos obtenidos en la Tabla 4.35 logran demostrar que, aplicando la instalación de dos varillas en este sector, se baja la resistividad del terreno y, por

lo tanto, la resistencia para los sistemas de puesta a tierra. En este punto se obtiene una resistencia de 8,6 Ω .

Tabla 4.36

Aplicación de la fórmula de dos varillas en el sector de la Escuela, Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(8) LA ESCUELA
R1 =	3 743 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2 170,94 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en las tablas anteriores, la Tabla 4.36 muestra los datos obtenidos tras la aplicación de este método, esto en el sector de la Escuela de Dulce Nombre. Acá logra obtenerse un valor de 7,6 Ω tras el cálculo respectivo.

Tabla 4.37

Aplicación de la fórmula de dos varillas en Calle Monge, Dulce Nombre

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	DULCE NOMBRE
PUNTO =	(16) CALLE MONGE
R1 =	3948 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2289,84 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Para el sector de Calle Monge, se ha aplicado la medición respectiva y es necesario aplicar la fórmula para definir la instalación de dos varillas para tierra. Ante este cálculo, logra disminuirse la resistividad de 3948 Ω/cm a 2289,84 Ω/cm .

El valor de resistencia que se ha obtenido en este sector es de 7,7 Ω , lo que indica que, a la hora de diseñar en este sector, debe tomarse en consideración que debe planificarse la obra con la instalación de dos varillas para tierra en los puntos que requieren de especial atención, por lo delicado de su funcionamiento.

Luego de revisar los cálculos de las mejoras en la resistividad y resistencia de los diferentes sectores que comprende la subárea de Dulce Nombre, se obtiene el cuadro con los nuevos datos de resistividad y resistencia.

Al revisar la Tabla 4.38, los datos de resistividad que fueron objeto del estudio han sido sustituidos por los nuevos valores obtenidos tras la aplicación del método de las fórmulas. Estos datos corresponden a una resistividad que cumple con los estándares que se han venido trabajando. A la vez, se indican los nuevos valores de resistencia; sin embargo, para efectos del mapeo, estos datos serán aplicados cuando se tenga que indicar las recomendaciones, pues son los parámetros a los que se quiere o puede llegarse conociendo previamente la resistividad del terreno en un sector en específico.

Tabla 4.38

Nuevos datos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea Dulce Nombre

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.					
SUBÁREA:	DULCE N.	FECHA DE MEDICIÓN:	09/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA		
1 LA UNIDAD	9	1 822,6 Ω/cm	5,6	Ω	
2 LICORERA DON PEPE	9	2 462,2 Ω/cm	8	Ω	
3 TALLER JOHANSON	9	1 428 Ω/cm	4,9	Ω	
4 LUBRICENTRO LA FUENTE	9	3 044,4 Ω/cm	10,5	Ω	
5 RESTAURANTE EL CERRO	9	742 Ω/cm	2,3	Ω	
6 TANQUE EL ACUEDUCTO	9	1 005 Ω/cm	3,5	Ω	
7 ASERRADERO	9	2 498 Ω/cm	8,5	Ω	
8 PILAS	9	2 642,4 Ω/cm	8,6	Ω	
9 CEMENTRIO	9	512 Ω/cm	1,8	Ω	
10 SUB ESTACIÓN	9	125 Ω/cm	0,5	Ω	
11 LA PLAZA	9	842 Ω/cm	2,6	Ω	
12 LA ESCUELA	9	2 170,9 Ω/cm	7,6	Ω	

13 GEOVANÓN	9	1 421	Ω/cm	5,1	Ω
14 ENTRADA AL ROSARIO	9	942	Ω/cm	3,1	Ω
15 LOS RIVERA	9	321	Ω/cm	0,5	Ω
16 CALLE MONGE	9	2 170,9	Ω/cm	7,7	Ω
17 RAMÓN CORRALES	9	752	Ω/cm	2,6	Ω
18 LA PRESA	9	1 119	Ω/cm	4,2	Ω
19 BAJO LA RESACA	9	1 321	Ω/cm	4,4	Ω
20 CAMINO VIEJO	9	432	Ω/cm	0,5	Ω

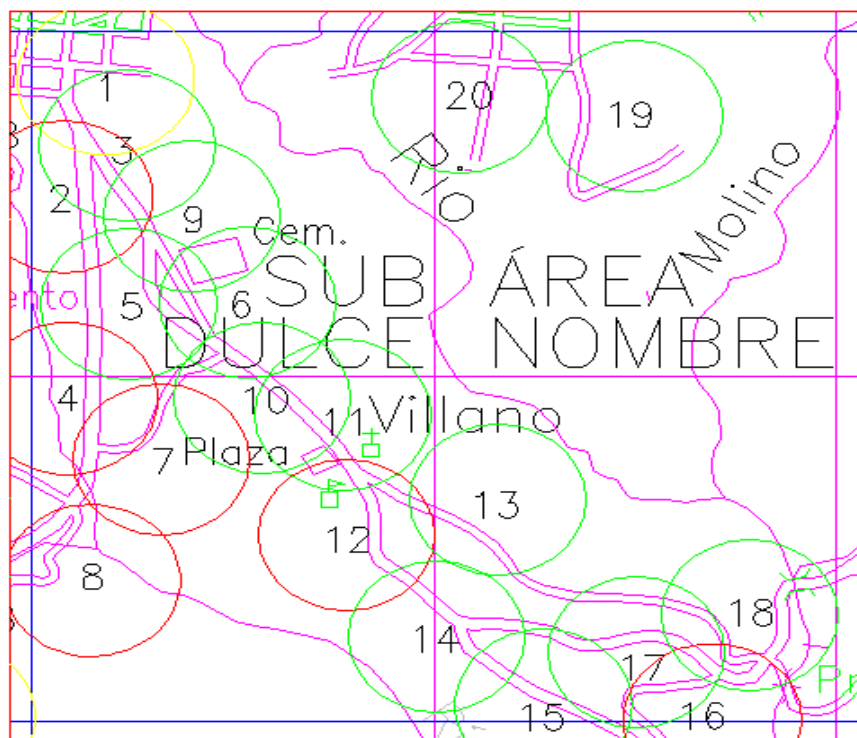
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.7 se muestra la ubicación de los diferentes puntos que fueron medidos y de acuerdo con la escala de colores, se ha marcado el tipo de resistividad que se encuentra en cada sector de esta subárea.

Según las mediciones de esta subárea, seis puntos de los 20 que fueron medidos, no cuentan con una resistividad buena. Sin embargo, 12 puntos cuentan con una resistividad entre regular y buena, lo que hace ver que en esta subárea puede determinarse en términos generales, que se cuenta con una resistividad buena en este sector de Naranjo.

Figura 4.7

Mapa Resistividad, Subárea Dulce Nombre



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red y propia.

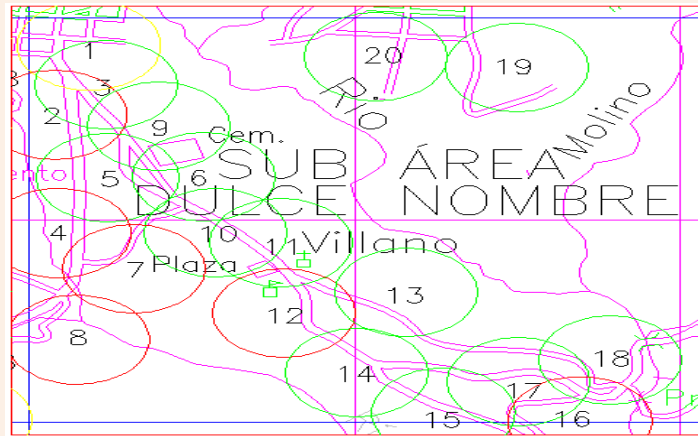
Entre los puntos que sobrepasaron los 10 ohmios, debe resaltarse el caso del Sector de la Licorera Don Pepe. En este punto, el valor obtenido era superior a los 7000 Ω /cm. Para disminuir el valor de resistividad se aplicó las tres fórmulas. Con la de dos varillas no logró llegarse al valor de los 3000 Ω /cm, con la de tres varillas tampoco se logró. Con la aplicación de las cuatro varillas logró obtenerse un valor óptimo.

Es importante considerar que valores que sean iguales o superiores a los 30 Ω de resistencia, o a los 3000 Ω /cm, no van a cumplir con los valores que son solicitados por el ICE y la Aresep para los puntos sensibles en los sistemas de distribución eléctrica de la zona de Naranjo.

En la Figura 4.8 se muestra el mapa de resistividad de la Subárea Dulce Nombre, así como las recomendaciones por punto analizado.

Figura 4.8

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Dulce Nombre, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea Dulce Nombre.

Para el punto 1 - La Unidad: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 2 - Licorera don Pepe: aplicar malla para cuatro varillas.

Para el punto 4 - Lubricentro La Fuente: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 7 - El Aserradero: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 8 - Pilas: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 12 - La Escuela: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 16 - Calle Monge: aplicar malla para dos varillas.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

4.6 SUBÁREA GUARUMAL

La Subárea Guarumal es una zona que se caracteriza por estar ampliamente cultivada de café, al igual que la mayoría de las subáreas en estudio. Su topografía es quebrada, pero como mucho terreno plano, propicio para la construcción.

Gran cantidad de personas habitan en este sector, el cual es potencialmente un sector que será habitado a corto plazo por una mayor llegada de personas. En su mayoría los habitantes son de una clase media baja, lo que no implica necesariamente que no se les deba garantizar una calidad óptima en el servicio que les presta el ICE.

En esta subárea se han realizado 16 mediciones a lo largo de esta. En este trabajo se ha determinado, al igual que en las subáreas descritas, los valores de resistividad en cada punto y los valores de resistencia obtenidos ante la aplicación del nomograma de AEMC a la resistividad medida en cada punto.

Tabla 4.39

Datos obtenidos tras la medición de puntos en la Subárea Guarumal

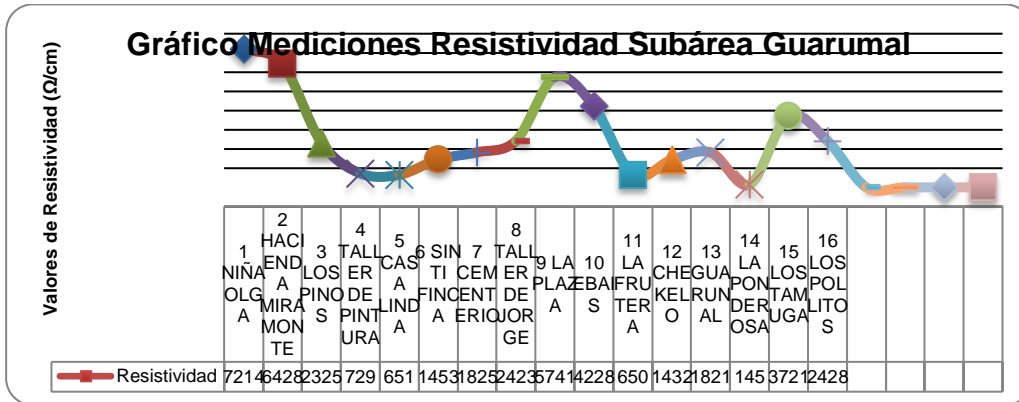
TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.					
SUBÁREA:	GUARUMAL	FECHA DE MEDICIÓN:	12/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA		
1 NIÑA OLGA	9	7 214 Ω/cm	22,3	Ω	
2 HACIENDA MIRAMONTE	9	6 428 Ω/cm	20,4	Ω	
3 LOS PINOS	9	2 325 Ω/cm	7,6	Ω	
4 TALLER DE PINTURA	9	729 Ω/cm	2,6	Ω	
5 CASA LINDA	9	651 Ω/cm	1,7	Ω	
6 SIN TI FINCA	9	1 453 Ω/cm	3,9	Ω	
7 CEMENTERIO	9	1 825 Ω/cm	5,2	Ω	
8 TALLER DE JORGE	9	2 423 Ω/cm	7,7	Ω	
9 LA PLAZA	9	5 741 Ω/cm	18,6	Ω	
10 EBÁIS	9	4 228 Ω/cm	12,1	Ω	
11 LA FRUTERA	9	650 Ω/cm	1,7	Ω	
12 CHEKELO	9	1 432 Ω/cm	3,8	Ω	
13 GUARUNAL	9	1 821 Ω/cm	5,1	Ω	
14 LA PONDEROSA	9	145 Ω/cm	0,5	Ω	
15 LOS TAMUGA	9	3 721 Ω/cm	11,5	Ω	
16 LOS POLLITOS	9	2 428 Ω/cm	7,8	Ω	

Fuente: Elaboración propia.

Revisando la Tabla 4.39, las mediciones reflejan que la resistividad de este terreno se puede considerar como buena, esto por cuanto, de los 16 puntos de medición solo cinco no se mantuvieron en los rangos de 10Ω indicados por el ICE como el valor óptimo para tener una buena resistencia en los sistemas de puesta a tierra.

Gráfico 4.9

Resistividad obtenida tras la medición en la Subárea de Guarumal

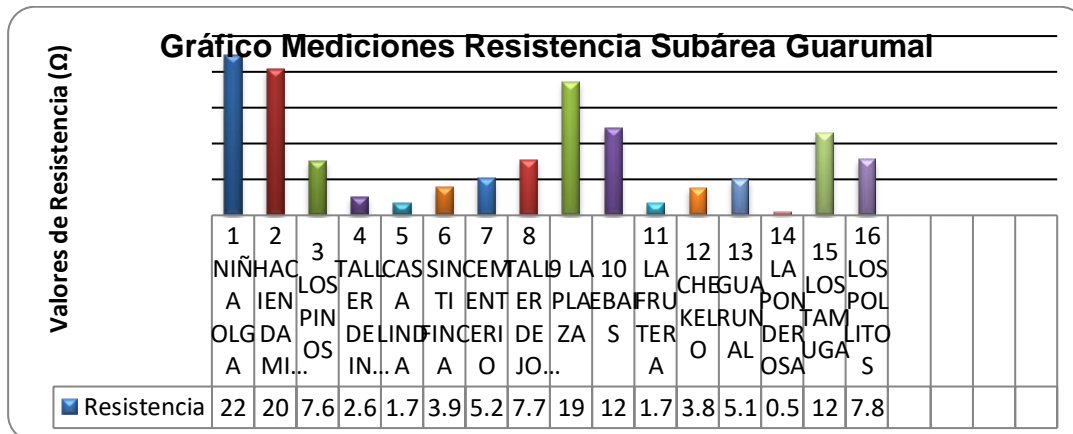


Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 4.9 se muestra la curva de resistividad que se obtiene tras la medición en los diferentes sectores que componen la subárea de Guarumal.

Gráfico 4.10

Resistencia obtenida tras las mediciones en la Subárea de Guarumal



Fuente: Elaboración propia.

Con el Gráfico 4.10, se demuestra los valores de resistencia de cada uno de los sectores que fueron medidos. Cinco de los valores no se encuentran dentro de los márgenes de una resistividad adecuada.

Estos cinco valores que están por encima de los 10 Ω, deberán ser corregidos, con el propósito de determinar las acciones por realizar en cada punto para mejorar la resistividad y, por lo tanto, la resistencia.

Los siguientes cuadros presentan las correcciones que se han realizado a los datos de medición. Con estas correcciones, se presentará, posteriormente la Tabla 4.49, en la que se plasmará los nuevos valores de resistencia y resistividad.

Tabla 4.40

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Niña Olga, Subárea Guarumal

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(1) NIÑA OLGA
R1 =	7214 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	4184,12 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.41

Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector Niña Olga, Subárea Guarumal

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/3 \times 1,29$ (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(1) NIÑA OLGA
R1 =	7214 Ω/cm
VARILLAS =	3

CONSTANTE =	1,29
RL =	3102,02 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.42

Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector Niña Olga, Subárea Guarumal

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/4 X 1,36 (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(1) NIÑA OLGA
R1 =	7214 Ω/cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL	2452,76 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tanto en la Tabla 4.40, Tabla 4.41 y la Tabla 4.42, se han aplicado las fórmulas respectivas para mejorar la resistividad, tanto con dos varillas, con tres varillas y con cuatro varillas. Se ha llegado al uso de la fórmula de cuatro varillas, por cuanto con la aplicación de las fórmulas anteriores, no se logró obtener el valor deseado, aunque se ha de notar, que la resistividad bajó con la aplicación de estas.

Para la Tabla 4.40 el valor obtenido en la resistividad fue de 4184,12 Ω/cm, con un valor de resistencia de 14,5 Ω. Ante este panorama, se ha usado la fórmula de cuatro varillas, Tabla 4.42, obteniendo una resistividad inferior a los 3 000 Ω/cm, por lo que se asume que se ha cumplido con el valor establecido. El valor de resistencia luego de esta aplicación fue de 7,9 Ω.

Tabla 4.43*Aplicación de la fórmula de dos varillas, Miramontes, Subárea Guarumal*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(2) MIRAMONTE
R1 =	6428 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3728,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 4.44***Aplicación de la fórmula de tres varillas, sector Miramontes, Subárea Guarumal*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/3 X 1,29 (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(2) MIRAMONTE
R1 =	6428 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	2764,04 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.43 y Tabla 4.44, se ha aplicado las fórmulas para la corrección de los valores altos de resistividad en este sector. Con estos cuadros se establece que para Miramonte la resistividad está en un valor de 2764 Ω/cm y una resistencia de 8,1Ω.

Tabla 4.45*Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Plaza, Subárea Guarumal*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(9) LA PLAZA
R1 =	5741 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3329,78 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.45, se aplicó la fórmula para mejorar la resistividad con la inclusión de dos varillas para tierra, con esto, logra bajarse la resistividad a 3329,78 Ω/cm, con una resistencia de 9,4 Ω. Con este valor, aunque logra disminuirse el valor inicial, no logra cumplirse con el valor de 10 Ω requerido. En la Tabla 4.46 se hace uso de tres varillas, con lo que logra disminuirse a 2468 Ω/cm, del valor de 5741 Ω/cm que fue medido en un principio. De esta tabla se obtiene un valor de 8 Ω.

Tabla 4.46*Aplicación de la fórmula de tres varillas, sector La Plaza, Subárea Guarumal*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/3 X 1,29 (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(9) LA PLAZA
R1 =	5741 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	2468,63 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Al aplicar la Tabla 4.47 en el sector del Ebáis, logra disminuirse el valor de 4228 Ω/cm a 2452,24 Ω/cm . Con este nuevo valor, la resistencia obtenida es de 7,9 Ω .

Tabla 4.47

Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector El Ebáis, Subárea Guarumal

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(10) EL EBAIS
R1 =	4228 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2452,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Con la Tabla 4.48, en el sector de Los Tamuga, se logra reducir los 3721 Ω/cm a un valor de 2158,18 Ω/cm , esto luego de aplicar la fórmula para dos varillas. El valor de resistencia para los sistemas de puesta a tierra será de 7,2 Ω para este sector.

Tabla 4.48

Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Los Tamuga, Subárea Guarumal

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	GUARUMAL
PUNTO =	(15) LA TAMUGA
R1 =	3721 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2158,18 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en la primera medición, se obtuvo la Tabla 4.39, la cual indica todos los datos necesarios para formar el mapeo de resistividad de esta subárea. Ahora, esta tabla debe ser corregida con los nuevos datos que se han obtenido tras la aplicación de las fórmulas de corrección de resistividad.

Tabla 4.49

Datos de la medición de puntos con los valores de resistividad y resistencia corregidos, Concepción

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	GUARUMAL	FECHA DE MEDICIÓN:	12/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA			
1 NIÑA OLGA	9	2 452,76 Ω/cm	7,9	Ω		
2 HACIENDA MIRAMONTE	9	2 764,04 Ω/cm	8,1	Ω		
3 LOS PINOS	9	2 325 Ω/cm	7,6	Ω		
4 TALLER DE PINTURA	9	729 Ω/cm	2,6	Ω		
5 CASA LINDA	9	651 Ω/cm	1,7	Ω		
6 SIN TI FINCA	9	1 453 Ω/cm	3,9	Ω		
7 CEMENTERIO	9	1 825 Ω/cm	5,2	Ω		
8 TALLER DE JORGE	9	2 423 Ω/cm	7,7	Ω		
9 LA PLAZA	9	2 468,63 Ω/cm	8	Ω		
10 EBÁIS	9	2 452,24 Ω/cm	7,9	Ω		
11 LA FRUTERA	9	650 Ω/cm	1,7	Ω		
12 CHEKELO	9	1 432 Ω/cm	3,8	Ω		
13 GUARUMAL	9	1 821 Ω/cm	5,1	Ω		
14 LA PONDEROSA	9	145 Ω/cm	0,5	Ω		
15 LOS TAMUGA	9	2 158,18 Ω/cm	7,2	Ω		
16 LOS POLLITOS	9	2 428 Ω/cm	7,8	Ω		

Fuente: Elaboración propia.

Corrigiendo los datos no adecuados para una resistencia óptima en los sistemas de puesta a tierra, se obtiene la Tabla 4.49, la cual destaca los datos de los sectores que fueron corregidos mediante la aplicación de las Tabla 4.40, Tabla 4.41, Tabla 4.42, Tabla 4.43, Tabla 4.44, Tabla 4.45, Tabla 4.46, Tabla 4.47 y la Tabla 4.48.

Es importante recordar que, con los datos que se muestra en la Tabla 4.49, no se realiza el mapeo de resistividad, porque los valores indicados brindarían un mapeo de resistividad muy bueno, donde no sería necesario realizar la instalación de varillas adicionales y formar mallas en los sistemas de puesta a tierra, para mejorar la resistencia en cada una de las subáreas que conforman el cantón en estudio.

Dicha tabla aporta los valores que se obtendrá, si en el momento de realizar la instalación de un sistema de puesta a tierra, se sigue las recomendaciones que serán indicadas más adelante.

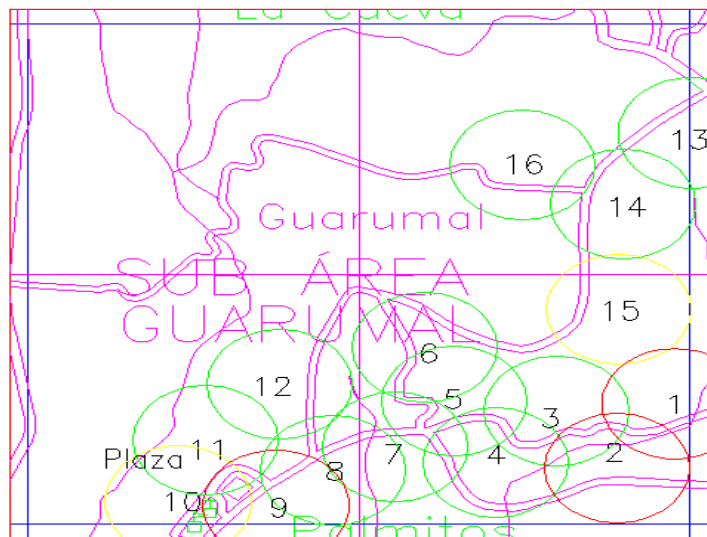
Con los datos de la Tabla 4.39 se obtiene el siguiente mapeo de resistividad. Se recuerda que el color verde es para indicar tierras con baja resistividad, el amarillo para tierras con resistividad regular y el rojo para tierras con alta resistividad.

La Figura 4.7 muestra los diferentes sectores que han sido objeto del estudio y medición de este apartado. Se denota como los cinco sectores que tienen una resistividad alta, son demarcados con el color rojo. Estos son los sectores de Niña Olga, Hacienda Miramonte, La Plaza, El Ebáis y Los Tamuga. Para el resto de los sectores la resistividad se encuentra entre los márgenes considerados como óptimos, de acuerdo con el Manual de Normas de Construcción de Redes Eléctricas de ICE.

Si se aplicara la Tabla 4.49 en el mapeo de resistividad, todos los sectores estarían marcados en verde y a la hora de diseñar no se tomaría ninguna prevención, para que, en los sectores o puntos de construcción de redes eléctricas, se determine con antelación que debe llevarse más material y preparar una malla, para realizar un sistema de puesta a tierra adecuado.

Figura 4.9

Mapeo de Resistividad, Subárea Guarumal



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

Con la Figura 4.9, se completa el mapeo de resistividad, no solo con los colores que demarcan cada sector como bajo o alto en resistividad, sino que se brinda las

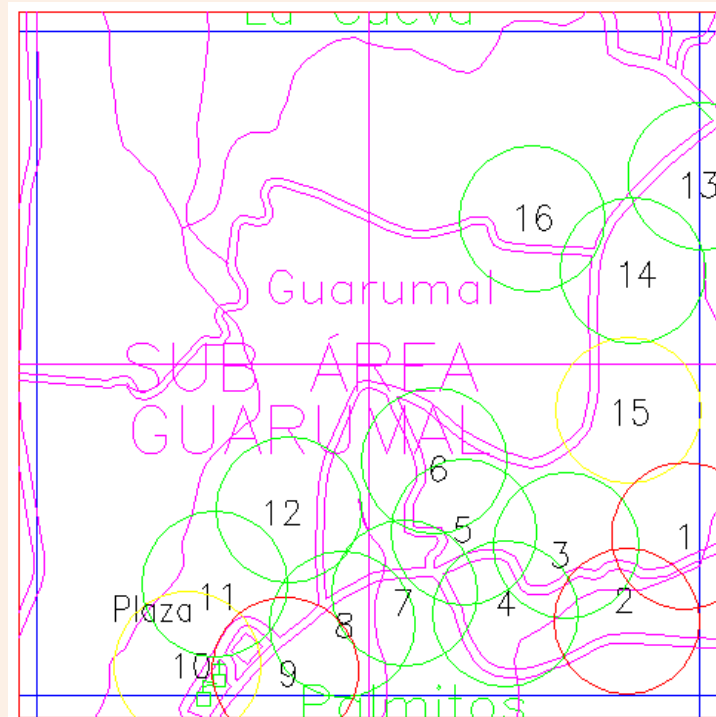
recomendaciones o acciones necesarias para lograr ejecutar un buen sistema de puesta a tierra, el cual cumpla con las expectativas del ICE y con las normas de construcción de redes de distribución eléctricas, tanto del ICE como de la Aresep.

Es así como se observa que para el Sector de Niña Olga, es necesario diseñar una malla de tres varillas para tierra, con esto se cumple con una resistencia menor a los 10 Ω . Para el sector de la Hacienda Miramonte, se realiza la misma recomendación de instalar tres varillas en una malla de puesta a tierra.

Para los restantes tres sectores el mapeo indica que se debe aplicar la instalación de una segunda varilla, lo que permitirá reducir el valor de resistividad, y así obtener una muy buena resistencia a la hora de instalar un transformador, un recerrador, o cualquier equipo que requiera de una resistividad baja, que permita que la corriente producida por una sobrecarga o un rayo sea dispersada adecuadamente.

Figura 4.10

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Guarumal, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea Guarumal.

Para el punto 1 - Niña Olga: aplicar malla para tres varillas.

Para el punto 2 -Hacienda Miramonte: aplicar malla para tres varillas.

Para el punto 9 - La Plaza: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 10 - El Ebáis: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 15 - Los Tamuga: aplicar malla para dos varillas.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

4.7 SUBÁREA CANDELARIA

Candelaria como distrito es el más antiguo de Naranjo. Este lugar fue la cuna de la fundación de Naranjo, por medio del señor Judas Tadeo Corrales, de quien hoy aún se encuentran descendientes en este pueblo.

Este lugar se caracteriza por ser un sector que está rodeado por montañas y cerros. Su topografía está marcada por relieves quebrados, los cuales están ampliamente sembrados de café. Como pueblo, es un lugar de gente humilde, donde tres familias son las dueñas de los terrenos de café de la zona. De los distritos de Naranjo, es de los pocos que cuentan con cuadrantes en sus caminos y con una población abundante. Sus terrenos, al igual que las demás subáreas, son de origen volcánico.

Tabla 4.50

Datos obtenidos tras la medición de la Subárea Candelaria

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	CANDELARIA	FECHA DE MEDICIÓN:	15/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA			
1 EL COLEGIO	9	3 225	Ω/cm	12	Ω	
2 ALTO MURILLO	9	1 452	Ω/cm	4,4	Ω	
3 MIRAMONTE	9	2 721	Ω/cm	8,5	Ω	
4 VUELTA LAS ARDILLAS	9	2 642	Ω/cm	7,6	Ω	
5 SAM PEDRO	9	451	Ω/cm	1	Ω	
6 LOS ALFARO	9	679	Ω/cm	2,6	Ω	
7 EL MANGO	9	1 428	Ω/cm	4,3	Ω	
8 VILLA REAL	9	1 732	Ω/cm	5,7	Ω	
9 CEMENTERIO	9	925	Ω/cm	2,9	Ω	
10 SANTA ANITA	9	2 942	Ω/cm	9,2	Ω	
11 LA PLAZA	9	1 829	Ω/cm	5,9	Ω	
12 LAS AMÉRICAS	9	3 767	Ω/cm	12	Ω	
13 PILAS	9	1 185	Ω/cm	4	Ω	
14 CINCO ESQUINAS	9	5 322	Ω/cm	20,5	Ω	
15 FINCA CORRALES	9	959	Ω/cm	3,2	Ω	
16 TESTIGOS DE JEHOVÁ	9	428	Ω/cm	1	Ω	
17 EBÁIS	9	1 988	Ω/cm	6,6	Ω	
18 ASAMBLEAS	9	2 142	Ω/cm	7,8	Ω	
19 TALLER LAVADORAS	9	3 423	Ω/cm	12,5	Ω	
20 CRUCE SAN JUAN	9	942	Ω/cm	2,8	Ω	

Fuente: Elaboración propia.

En esta subárea se realizó 20 mediciones, en igual número de puntos de medición. Cada medición se ha realizado en los sectores donde los transformadores tienen mayor demanda de abonados servidos.

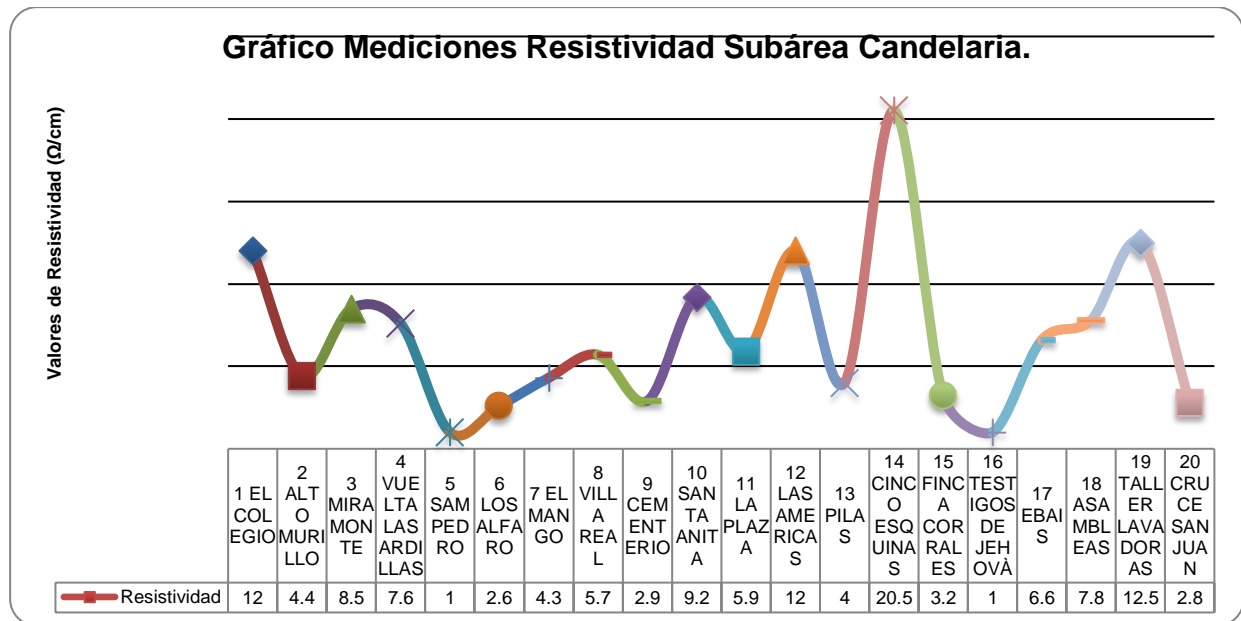
El desarrollo de este apartado muestra las mediciones obtenidas de resistividad, la resistencia en cada punto, las correcciones por medio de las fórmulas vistas en las subáreas antes desarrolladas y el mapeo de resistividad que se ha obtenido tras el desarrollo de este método en esta subárea.

De igual forma, se muestra los gráficos obtenidos de la Tabla 4.50, su interpretación de una forma breve. Serán presentadas las tablas que contienen las correcciones a valores altos en resistividad y las recomendaciones que se deben aplicar para lograr los valores de 10 Ω que se espera como máximo que deba tener un sistema de puesta a tierra, esto en cuanto a resistencia se refiere.

Revisando la Tabla 4.50, de los 20 sectores que fueron medidos, solo cuatro no lograron mantenerse dentro del rango de 10 Ω. Todos han logrado ubicarse en valores menores a los 25 Ω. Para efectos de este proyecto, se ha dado énfasis al valor de 10 ohmios, por el motivo que, en las mediciones realizadas en toda el área escogida, solo un valor estuvo sobre los 25 Ω.

Gráfico 4.11

Resistividad obtenida tras la medición de los sectores de la Subárea Candelaria



Fuente: Elaboración propia.

Con el Gráfico 4.11, se observa con claridad como el comportamiento de los 16 sectores que están bajo los 10 Ω, tienen un comportamiento estable, que incluso se mantiene en un rango

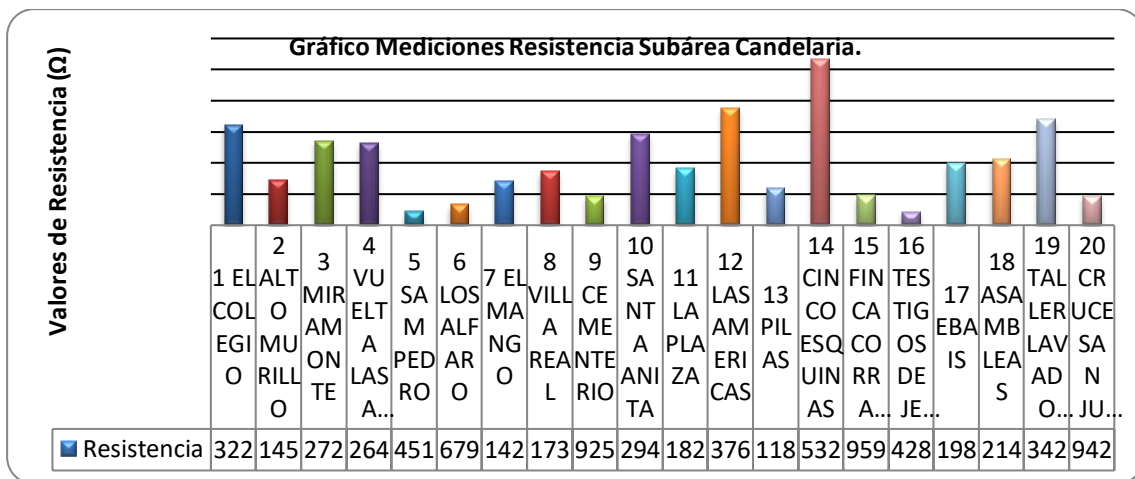
de 3 y 5 ohmios en su mayoría. Esto refleja que la resistividad en esta subárea es muy baja, por lo que puede realizarse diseños dentro de un marco de calidad adecuado.

El Gráfico 4.12, indica los valores de resistencia que se obtiene tras la medición de los valores de resistividad. Acá, se cuenta con los cuatro sectores que tienen valores de resistencia altos, pero estos valores están en función de la resistencia que ha sido medida en el campo.

Al igual que en los demás gráficos de resistencia, se ha definido el valor de los 3000 Ω/cm como el valor límite de resistividad, y que, por lo tanto, marcará los valores de resistencia como altos o bajos.

Gráfico 4.12

Resistencia obtenida tras la medición en la Subárea de Candelaria



Fuente: Elaboración propia.

Luego de revisar la Tabla 4.50 y los Gráfico 4.11 y Gráfico 4.12, es necesario aplicar los cuadros con las fórmulas de corrección, para obtener los nuevos valores y así proponer las recomendaciones para el diseño y construcción de redes de distribución eléctrica.

La Tabla 4.51 logra bajar la resistividad de un valor de 3225 Ω/cm a un dato de 1870,5 Ω/cm , obteniendo una resistencia de 8,4 Ω . La resistencia que se obtuvo en un principio fue de 12 Ω .

Tabla 4.51*Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Colegio, Subárea Candelaria*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CANDELARIA
PUNTO =	(1) COLEGIO
R1 =	3225 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1870,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.52, corresponde a un sector que pertenece al centro de la subárea. Con la aplicación de las dos varillas, se logra cumplir con el valor máximo de 10 Ω. Al trabajar la fórmula para dos varillas, el valor de 3767 Ω/cm es reducido a 2184,86 Ω/cm.

Tabla 4.52*Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Las Américas, Subárea Candelaria*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CANDELARIA
PUNTO =	(12) LAS AMÉRICAS
R1 =	3767 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2184,86 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Con solo determinar que el valor es inferior a los 3000 Ω/cm , se define que se obtendrá una resistencia baja. En este caso, el valor es de 6,7 Ω , el cual se ajusta a la resistencia requerida en los sistemas de puesta a tierra.

Tabla 4.53

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Cinco Esquinas, Subárea Candelaria

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CANDELARIA
PUNTO =	(14) CINCO ESQUINAS
R1 =	5322 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3086,76 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.54

Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector Cinco Esquinas, Subárea Candelaria

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/3 X 1,29 (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	CANDELARIA
PUNTO =	(14) CINCO ESQUINAS
R1 =	5322 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	2288,46 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el método con dos varillas, el valor de resistividad varió en la Tabla 4.53. De tener un valor de 5322 Ω/cm , se pasó a tener 3086,76 Ω/cm . el valor de resistencia es de 10,7 Ω ,

el cual sobrepasa los 10 Ω establecidos por el ICE. Ante esta situación, se procede con la Tabla 4.55, que utiliza el método de las tres varillas. Disminuye la resistividad del terreno a 2288,46 Ω/cm y se obtiene, entonces, una resistencia de 6,9 Ω .

Para la Tabla 4.55, el valor de resistividad es disminuido de 3423 Ω/cm a 1985,34 Ω/cm . Ante estos valores, logra obtenerse una resistencia de 6,2 Ω . Se sobreentiende que el valor obtenido está en perfecto cumplimiento con los valores deseados.

Tabla 4.55

Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Taller de Lavadoras, Subárea Candelaria

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CANDELARIA
PUNTO =	(19) TALLER LAVADORAS
R1 =	3423 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1985,34 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.56

Datos obtenidos con la aplicación de las fórmulas de corrección, en resistencia y resistividad

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN						
SUBÁREA:	CANDELARIA	FECHA DE MEDICIÓN:	15/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN		DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA	
1	EL COLEGIO	9	1 870	Ω/cm	8,2	Ω
2	ALTO MURILLO	9	1 452	Ω/cm	4,4	Ω
3	MIRAMONTE	9	2 721	Ω/cm	8,5	Ω
4	VUELTA LAS ARDILLAS	9	2 642	Ω/cm	7,6	Ω
5	SAM PEDRO	9	451	Ω/cm	1	Ω
6	LOS ALFARO	9	679	Ω/cm	2,6	Ω
7	EL MANGO	9	1 428	Ω/cm	4,3	Ω
8	VILLA REAL	9	1 732	Ω/cm	5,7	Ω
9	CEMENTERIO	9	925	Ω/cm	2,9	Ω
10	SANTA ANITA	9	2 942	Ω/cm	9,2	Ω
11	LA PLAZA	9	1 829	Ω/cm	5,9	Ω
12	LAS AMERICAS	9	2 184	Ω/cm	6,7	Ω
13	PILAS	9	1 185	Ω/cm	4	Ω
14	CINCO ESQUINAS	9	2 288,4	Ω/cm	6,9	Ω
15	FINCA CORRALES	9	959	Ω/cm	3,2	Ω
16	TESTIGOS DE JEHOVÀ	9	428	Ω/cm	1	Ω
17	EBAIS	9	1 988	Ω/cm	6,6	Ω
18	ASAMBLEAS	9	2 142	Ω/cm	7,8	Ω
19	TALLER LAVADORAS	9	1 982,4	Ω/cm	6,2	Ω
20	CRUCE SAN JUAN	9	942	Ω/cm	2,8	Ω

Fuente: Elaboración propia.

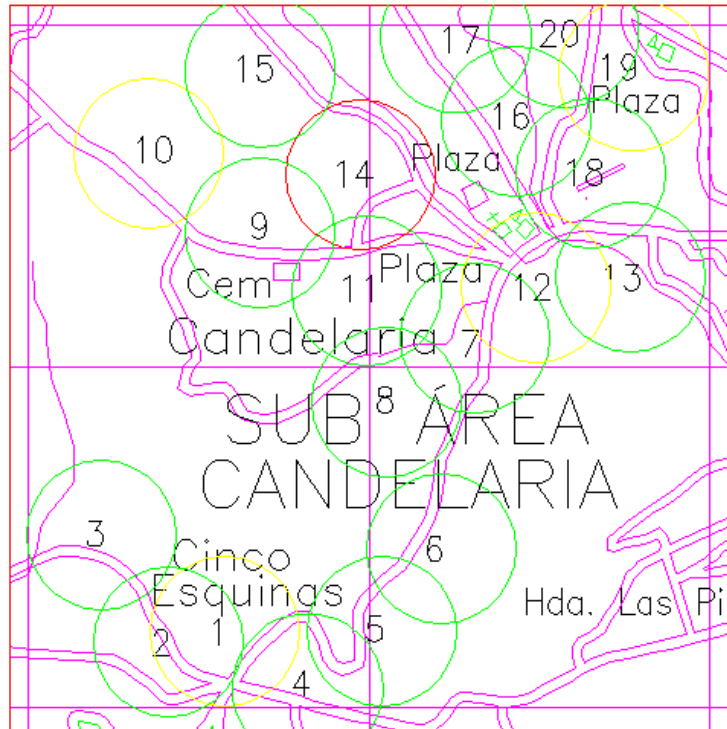
Luego de revisar las tablas que contienen las fórmulas de corrección, se obtiene la Tabla 4.56, que aporta los datos que se han alcanzado luego de aplicar las fórmulas de dos y tres varillas en los diferentes puntos que fueron detectados con una resistividad alta.

En la Tabla 4.56 se demarca los cuatro puntos que, para efectos del mapeo, están sobre el valor de los 10 Ω . En este se presenta todos los sectores con valores óptimos, para demostrar que la aplicación del método de trabajo empleado acá y la consulta del mapeo de resistividad, serán pilares básicos en el diseño y uso de las redes de distribución eléctrica.

Luego de analizar este sector y de realizar las mediciones y correcciones en los datos obtenidos, se procede con la confección del mapeo de resistividad. A continuación, se presenta el mapeo de la subárea Candelaria, este por sectores.

Figura 4.11

Mapa Resistividad, Subárea Candelaria



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red y propia.

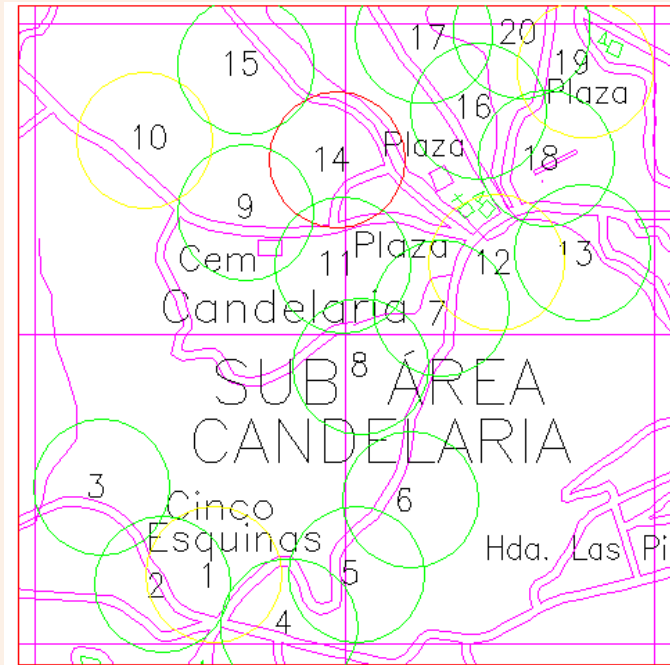
En la Figura 4.11, se muestra cómo ha quedado distribuido el mapeo de resistividad en la subárea de Candelaria. Los puntos donde la resistencia es alta están relativamente dispersos.

En este mapeo, se indica los colores que corresponden, según la Sección 2.2.3, a una tierra con baja resistividad, verde, con regular resistividad, amarillo, y con alta resistividad, rojo. Cada punto de medición está numerado, como se ve en la Figura 4.12. Al estar ubicado un número en el color rojo, por ejemplo, se ha determinado con antelación, que para que en ese número o punto denominado “La Chanchera”, como ejemplo, se debe incluir dos varillas para tierra. Todo esto debe indicarse dentro del mismo sistema utilizado por el CLOR Naranja.

Como se ha mencionado en este mismo apartado, el mapeo se realizará con los datos medidos la primera vez, sin corrección en el valor de resistencia. La aplicación de las fórmulas respalda las siguientes soluciones ante estos valores de resistividad alta.

Figura 4.12

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Candelaria, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea Candelaria.

Para el punto 1 – Colegio: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 12 -Cinco Esquinas: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 14 - Las Américas: aplicar malla para tres varillas.

Para el punto 19 - Taller Lavadoras: aplicar malla para dos varillas.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

4.8 SUBÁREA EL MURO

El Muro es uno de los caseríos que conforman el distrito central de Naranjo. Esta subárea abarca el casco urbano de Naranjo y algunos lugares cercanos a la ciudad. Se caracteriza, por los terrenos, por donde pasa la red de distribución eléctrica están cubiertos, en su mayoría, por cemento y asfalto.

Al realizar las mediciones en estos puntos, hubo que ingresar a jardines, cordones de caño y a la aplicación de la medición, con el uso de placas de metal, en sustitución de los electrodos del

telurómetro. Estas placas son ubicadas a la misma distancia que han sido instalados los electrodos. Para lograr una adecuada medición, se humedece el cemento y sobre esta área se ubica la placa de metal.

Tabla 4.57

Datos obtenidos al medir varios sectores en la Subárea El Muro

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	EL MURO	FECHA DE MEDICIÓN:			17/06/2024	
PUNTO DE MEDICIÓN		DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA	
1	LA IGLESIA	9	4 159	Ω/cm	14,4	Ω
2	LA ESCUELA	9	5 328	Ω/cm	22,5	Ω
3	BOMBA BARRIENTOS	9	3 321	Ω/cm	13,1	Ω
4	PILAS	9	941	Ω/cm	2,8	Ω
5	TRES MARÍAS	9	1 879	Ω/cm	5,5	Ω
6	URBANIZACIÓN MARÍN	9	725	Ω/cm	2,5	Ω
7	EL INVU	9	2 528	Ω/cm	8,2	Ω
8	EL TANQUE	9	2 754	Ω/cm	8,3	Ω
9	EL CARMEN	9	1 329	Ω/cm	4,5	Ω
10	URB. MATAMOROS	9	2 142	Ω/cm	7,8	Ω
11	LA CONEJERA	9	658	Ω/cm	2,3	Ω
12	EL COLEGIO	9	452	Ω/cm	1	Ω
13	LAICA	9	1 969	Ω/cm	6,6	Ω
14	LA MARAVILLA	9	4 433	Ω/cm	16	Ω
15	EL MURO	9	4 225	Ω/cm	15,7	Ω
16	BAJO EL MURO	9	653	Ω/cm	2,3	Ω
17	CUEVA DEL SAPO	9	942	Ω/cm	2,8	Ω
18	SAN JUAN	9	6 728	Ω/cm	26	Ω
19	CEMENTERIO	9	1 342	Ω/cm	4,6	Ω
20	FRIJOL TICO	9	1 839	Ω/cm	5,3	Ω

Fuente: Elaboración propia.

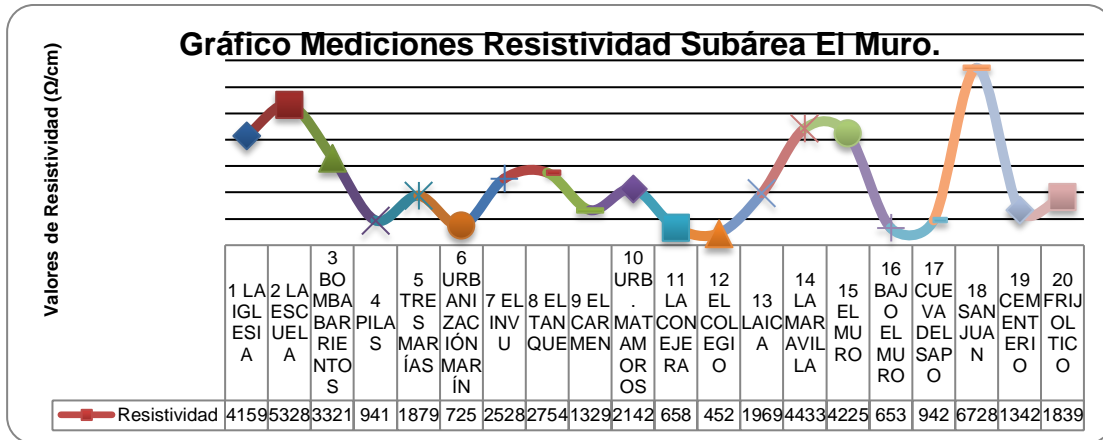
El resultado es el mismo realizando este método. El principio de inyectar corriente a los extremos y voltaje al centro se mantiene. De esta medición, se obtiene la Tabla 4.57, la cual representa los sectores o puntos de medición de la subárea El Muro.

En la Tabla 4.57 se presenta los datos obtenidos tras la medición en 20 sectores diferentes, todos correspondientes a la subárea El Muro. En esta tabla, encontramos valores que sobrepasan los 10 Ω , tales como La Iglesia, La Escuela, La Bomba de Jorge Barrientos, La Maravilla, San Juan y el Muro como tal. Los valores de resistencia oscilan entre los 13 y 22 Ω y,

de igual forma, la resistividad fue superior a los 3000 Ω/cm requeridos para tener una resistividad baja. Los valores de la resistividad se enmarcan de los 3300 a los 5300 Ω/cm .

Gráfico 4.13

Resistividad obtenida tras la medición en la Subárea El Muro



Fuente: Elaboración propia.

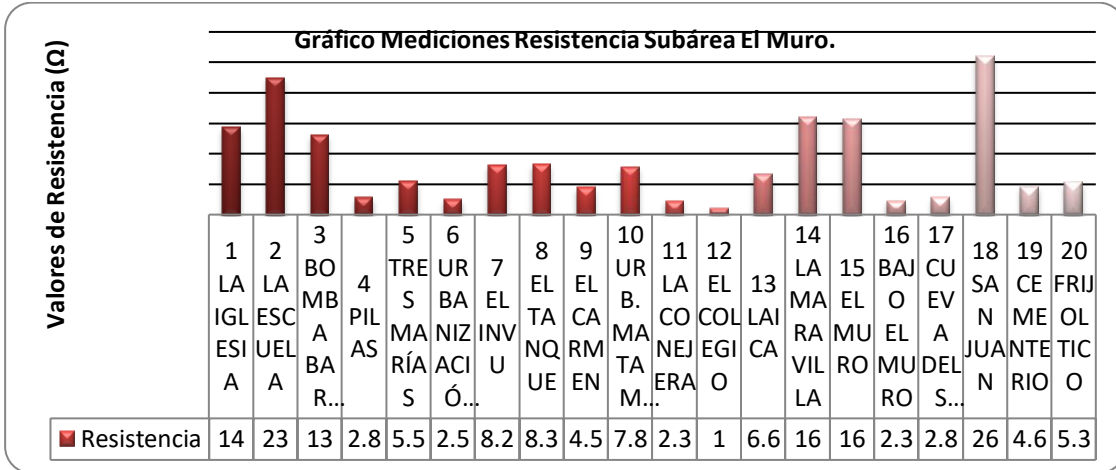
Con el Gráfico 4.13 se muestra los rangos de resistividad de esta subárea. Estos valores oscilan entre los 500 Ω/cm y 3000 Ω/cm . Los seis sectores que han sobrepasado los 3000 Ω/cm tienen valores de resistividad superiores a este valor, por ende, cuentan con una resistencia que está sobre los 10 Ω para los sistemas de puesta a tierra.

En el Gráfico 4.14, se muestra los datos de resistencia que se obtiene tras efectuar las mediciones en la subárea El Muro. Este gráfico presenta los sectores que están bajo el nivel de los 10 Ω y los que están sobre este.

Con los datos presentados, tanto en el Gráfico 4.13, como en el Gráfico 4.14, se realizará el mapeo de resistividad de esta subárea en estudio.

Gráfico 4.14

Resistividad obtenida tras las mediciones en la Subárea El Muro



Fuente: Elaboración propia.

Para poder realizar las recomendaciones necesarias para mejorar la resistividad y la resistencia en este lugar, se han aplicado las fórmulas de corrección respectivas. Con los datos obtenidos en estos cuadros, podrá indicarse cuál es la opción de mejora para los puntos con resistividad alta.

Tabla 4.58

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Iglesia, Subárea el Muro

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL MURO
PUNTO =	(1) LA IGLESIA
R1 =	4159 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2412,22 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.58 corresponde a la aplicación de la fórmula para dos varillas, la cual ha mejorado un valor de resistividad de 4159 Ω/cm, a uno de 2412,22 Ω/cm, logrando así, ubicarse

por debajo de los 3000 Ω/cm necesarios para tener una resistividad baja. El valor de resistencia obtenido es de 8,4 Ω .

Tabla 4.59

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Escuela, Subárea el Muro

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL MURO
PUNTO =	(2) LA ESCUELA
R1 =	5328 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3090,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.59, luego de aplicar la fórmula de corrección, logra disminuirse el valor de resistividad a 3090,24 Ω/cm . Si este dato se trabaja como un simple número, sería necesario aplicar la fórmula para tres varillas, pero es un valor muy cercano a los 3000 Ω/cm , por lo que debe tomarse como aceptable. La resistencia obtenida es de 9,6 Ω .

Tabla 4.60

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Bomba de Jorge Barrientos, Subárea El Muro

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL MURO
PUNTO =	(3) BOMBA BARRIENTOS
R1 =	3321 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1926,18 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Las Tabla 4.60, Tabla 4.61 y Tabla 4.62 corresponden a los sectores de La Bomba, La Maravilla y El Muro, respectivamente. En todos estos sectores, luego de medir y obtener un valor alto en resistividad, se ha aplicado la fórmula para dos varillas y logró disminuirse los valores, a menos, de 3000 Ω/cm, siendo exitosa la aplicación de estas. Los valores de resistencia obtenidos son 6,2 Ω, 7,6 Ω y 7,5 Ω, según el orden indicado.

Tabla 4.61

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector La Maravilla, Subárea El Muro

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL MURO
PUNTO =	(14) LA MARAVILLA
R1 =	4433 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2571,14 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Tabla 4.62*Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector El Muro, Subárea el Muro*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL MURO
PUNTO =	(15) EL MURO
R1 =	4225 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2450,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Para el sector San Juan, con el dato obtenido tras la medición inicial, se aplicó la fórmula para dos varillas, sin embargo, no logra disminuirse la resistividad en este punto. Esto se refleja en la Tabla 4.63.

Dado lo anterior, se aplica la fórmula para tres varillas, y de acuerdo con lo expresado en la Tabla 4.64, el valor inicial de 6728 Ω/cm fue reducido a 2893,04 Ω/cm.

Tabla 4.63*Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector San Juan, Subárea El Muro*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL MURO
PUNTO =	(18) SAN JUAN
R1 =	6728 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3902,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.64*Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector San Juan, Subárea el Muro*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/3 X 1,29 (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL MURO
PUNTO =	(18) SAN JUAN
R1 =	6728 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	2893,04 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Con este dato, se obtiene una resistencia de 8,5 Ω. Con los datos que han sido corregidos, más los datos indicados en la Tabla 4.57, se obtiene la nueva tabla de datos de resistividad y resistencia.

Por parte del personal del Centro Local de Operación de la Red Naranjo, así como personeros del Área de Mantenimiento y del Área de Desarrollo, de toda la subárea de Naranjo, el lugar o sector, donde se ha considerado que la tierra no es la óptima, es el distrito central que, en este caso, será llamado como Sector El Muro.

Al analizar los datos obtenidos de las mediciones y compararlos con los obtenidos en las demás subáreas, se ha llegado a la conclusión de que esa información empírica emitida por algunos compañeros no es muy acertada. Esto por cuanto, el promedio de puntos de medición que se ha obtenido en todas las subáreas ronda los cuatro o cinco puntos, que sobrepasan los estándares establecidos. Ante este dato, puede definirse que los terrenos en esta subárea cuentan con una resistividad relativamente uniforme en ella.

Tabla 4.65

Datos obtenidos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea El Muro

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	EL MURO	FECHA DE MEDICIÓN:	17/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA			
1 LA IGLESIA	9	2 412,22	Ω/cm	8,4	Ω	
2 LA ESCUELA	9	3 090,24	Ω/cm	9,6	Ω	
3 BOMBA BARRIENTOS	9	1 926,18	Ω/cm	6,2	Ω	
4 PILAS	9	941	Ω/cm	2,8	Ω	
5 TRES MARÍAS	9	1 879	Ω/cm	5,5	Ω	
6 URBANIZACIÓN MARÍN	9	725	Ω/cm	2,5	Ω	
7 EL INVU	9	2 528	Ω/cm	8,2	Ω	
8 EL TANQUE	9	2 754	Ω/cm	8,3	Ω	
9 EL CARMEN	9	1 329	Ω/cm	4,5	Ω	
10 URB. MATAMOROS	9	2 142	Ω/cm	7,8	Ω	
11 LA CONEJERA	9	658	Ω/cm	2,3	Ω	
12 EL COLEGIO	9	452	Ω/cm	1	Ω	
13 LAICA	9	1 969	Ω/cm	6,6	Ω	
14 LA MARAVILLA	9	2 751,14	Ω/cm	7,6	Ω	
15 EL MURO	9	2 450,5	Ω/cm	7,5	Ω	
16 BAJO EL MURO	9	653	Ω/cm	2,3	Ω	
17 CUEVA DEL SAPO	9	942	Ω/cm	2,8	Ω	
18 SAN JUAN	9	2 893,04	Ω/cm	8,5	Ω	
19 CEMENTERIO	9	1 342	Ω/cm	4,6	Ω	
20 FRIJOL TICO	9	1 839	Ω/cm	5,3	Ω	

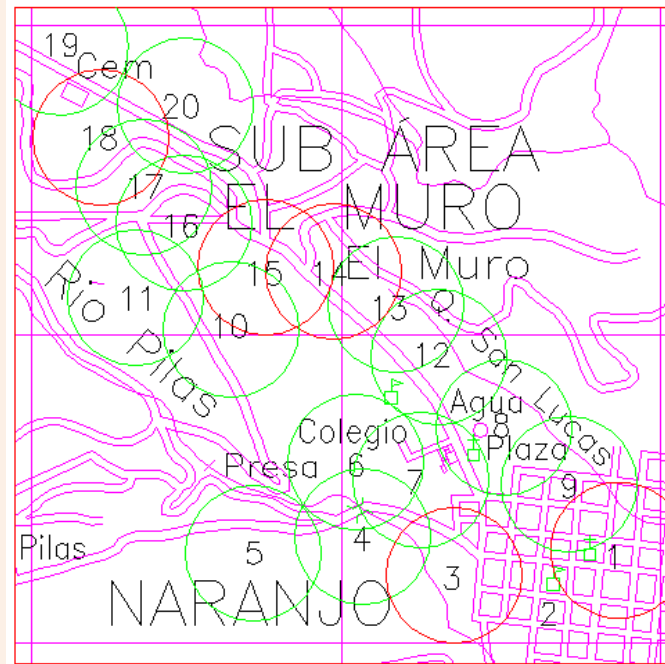
Fuente: Elaboración propia.

Los datos presentados en la Tabla 4.65, han sido corregidos de acuerdo con los valores que fueron respuesta a la aplicación de las fórmulas para dos o tres varillas, y así formar una malla adecuada en el sector y obtener valores de resistencia óptimos.

Según esta última tabla, se ha logrado reducir los valores de resistividad. Así para el sector de la Iglesia, el dato de resistencia es de 8,4 Ω. En el sector de La Escuela, la resistencia está en los 9,6 Ω. En la Bomba de Jorge Barrientos, se obtuvo un valor de 6,2 Ω.

Figura 4.13

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea El Muro, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea El Muro.

- Para el punto 1 - La Iglesia:** aplicar malla para dos varillas.
- Para el punto 2 - La Escuela:** aplicar malla para dos varillas.
- Para el punto 3 - Bomba Barrientos:** aplicar malla para tres varillas.
- Para el punto 14 - La Maravilla:** aplicar malla para dos varillas.
- Para el punto 15 - El Muro:** aplicar malla para dos varillas.
- Para el punto 18 - San Juan:** aplicar malla para tres varillas.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

Retomando la Tabla 4.65, en el sector la Maravilla, el nuevo valor de resistencia es de 7,6 ohmios. Para el sector de El Muro, logró llegarse a 7,5 Ω y para el sector de San Juan, se obtuvo un valor de 8,5 Ω . Se ha presentado la resistencia obtenida, siendo un mapeo de resistividad lo que se está elaborando. Sin embargo, al trabajar con estos datos, se determina que es necesario modificar la resistividad, para poder mejorar la resistencia en un terreno o punto de medición.

La Figura 4.13 corresponde al mapeo de resistividad que se ha obtenido tras las mediciones en los diferentes sectores de la subárea El Muro. En ella, se presenta las recomendaciones para

cada punto que sobrepasó los 10 Ω . Con los colores, rojo, amarillo y verde, se han identificado los puntos de medición en el geográfico, para así completar el mapeo de resistividad de esta subárea.

4.9 SUBÁREA LA PUEBLA

La Puebla es un caserío perteneciente al distrito de San Jerónimo. Este sector abarca gran parte de las haciendas cafetaleras más importantes de Naranjo. En su mayoría cuenta con una topografía muy variada; la mayoría del terreno es quebrado, pero logran encontrarse varios lugares con terrenos llanos. Este sector se ubica en las faldas del volcán Poás, por lo que el tipo de terreno es ampliamente formado por sedimentos volcánicos.

Tabla 4.66

Datos obtenidos tras la medición de puntos en la Subárea La Puebla

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN						
SUBÁREA:	LA PUEBLA	FECHA DE MEDICIÓN:	19/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA		
1 CORAZÓN DE JESUS	9	927	Ω/cm	3,1	Ω	
2 EL CRUCE	9	842	Ω/cm	2,7	Ω	
3 EL INA	9	1 434	Ω/cm	5,4	Ω	
4 RANCHO MELL	9	9 275	Ω/cm	27,2	Ω	
5 LA CHILERA	9	11 328	Ω/cm	35	Ω	
6 COLEGIO BILINGÜE	9	7 451	Ω/cm	24	Ω	
7 LA PLAZA	9	2 814	Ω/cm	8,9	Ω	
8 LOS GERANIOS	9	1 729	Ω/cm	5,6	Ω	
9 CALLE ARRIETA	9	714	Ω/cm	2,4	Ω	
10 BAJO VALVERDE	9	509	Ω/cm	1,7	Ω	
11 RINCÓN GRANDE	9	4 328	Ω/cm	14,3	Ω	
12 EL AEROPUERTO	9	7 425	Ω/cm	25	Ω	
13 LA IGLESIA	9	2 007	Ω/cm	7	Ω	
14 LA ESCUELA	9	825	Ω/cm	2,6	Ω	
15 SUPER TITO	9	745	Ω/cm	2,5	Ω	
16 BAJO LAS VIUDAS	9	1 176	Ω/cm	3,7	Ω	
17 CEMENTERIO	9	2 341	Ω/cm	7,9	Ω	
18 LA PUEBLA ARRIBA	9	1 859	Ω/cm	5,8	Ω	
19 LA PUEBLA ABAJO	9	742	Ω/cm	2,4	Ω	
20 TACACAL	9	309	Ω/cm	0,5	Ω	

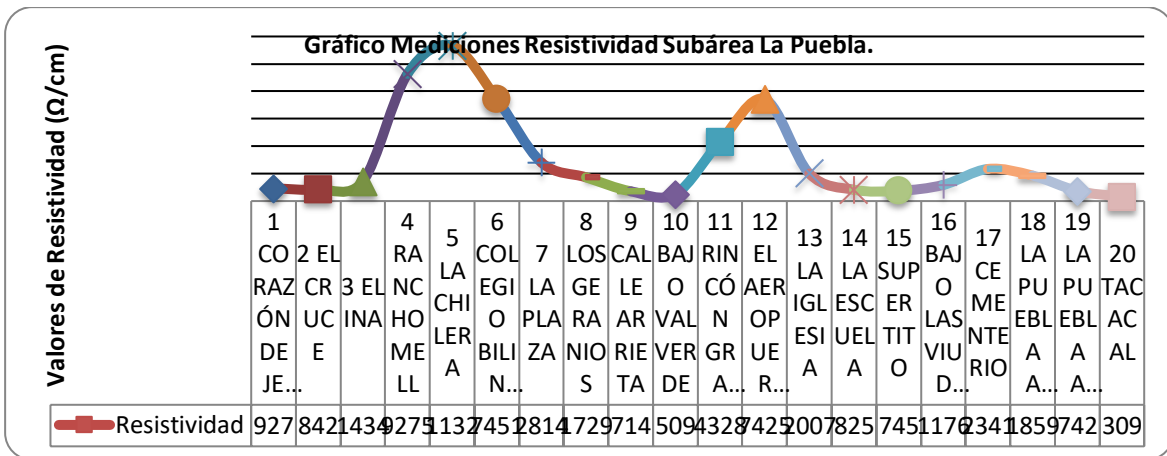
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.66 es el reflejo de las mediciones efectuadas en la subárea de la Puebla. Se logró tomar 20 diferentes mediciones. De estos puntos de medición, cinco no se encuentran dentro de los rangos establecidos. Estos datos son presentados en el Gráfico 4.15 y el Gráfico 4.16.

En estos gráficos se muestra la curva de la resistividad del terreno, donde se tienen valores no óptimos que oscilan entre los 4000 Ω/cm y 11 000 Ω/cm (Gráfico 4.15). De igual forma, se tienen valores de resistencia superiores a los 10 Ω , tales como La Chilera que tiene una resistencia cercana a los 35 Ω (Gráfico 4.16).

Gráfico 4.15

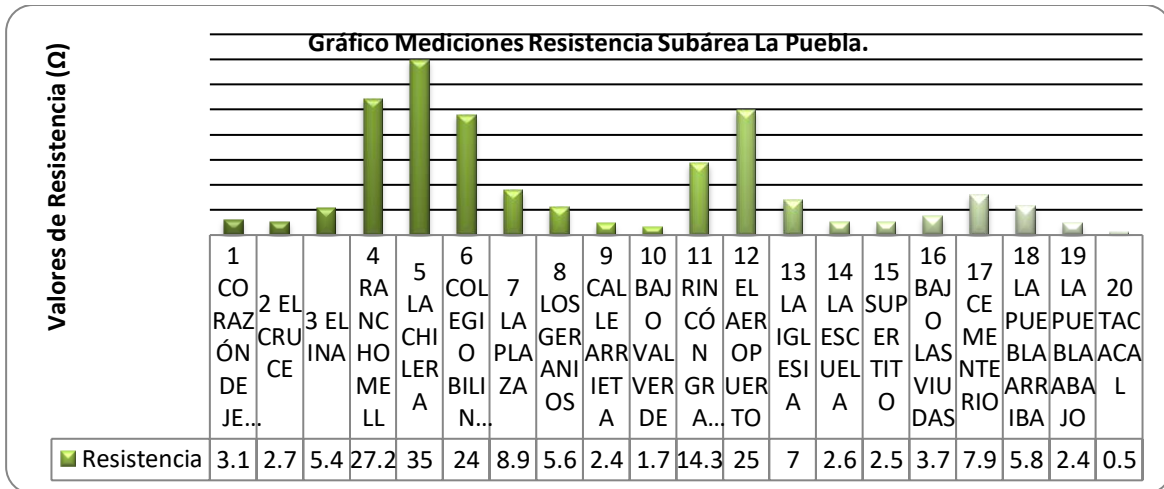
Resistividad obtenida tras la medición en la Subárea de La Puebla



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4.16

Resistencia obtenida tras la medición de la Subárea La Puebla



De esta forma, se procede con la corrección por medio de las fórmulas para dos, tres o cuatro varillas para tierra. Con estas fórmulas se pretende diseñar mallas de puesta a tierra que permitan disminuir la resistividad y la resistencia en un punto de medición o en un punto de trabajo.

Tabla 4.67

Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, Sector Rancho Mell, Subárea La Puebla

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/4 \times 1,36$ (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA PUEBLA
PUNTO =	(4) RANCHO MELL
R1 =	9275 Ω/cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL =	3153,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.68

Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector La Chilera, Subárea La Puebla

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA

$RL = R1/4 \times 1,36$ (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA PUEBLA
PUNTO =	(5) LA CHILERA
R1 =	11 328 Ω/cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL =	3851,52 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.69

Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector Colegio Bilingüe, Subárea La Puebla

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/4 \times 1,36$ (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA PUEBLA
PUNTO =	(6) COLEGIO BILINGÜE
R1 =	7451 Ω/cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL =	2533,34 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.70

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Rincón Grande, Subárea La Puebla

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA PUEBLA
PUNTO =	(11) RINCÓN GRANDE
R1 =	4328 Ω/cm
VARILLAS =	2

CONSTANTE =	1,16
RL =	2510,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas que han sido expuestas en esta sección son la corrección de los valores de resistividad de la subárea La Puebla. Como detalle interesante, de los cinco puntos de medición que están sobre el valor de los 3000 Ω/cm, cuatro necesitaron de la aplicación de las fórmulas para dos, tres y cuatro varillas para tierra. Los valores iniciales de resistividad están sobre 6000 Ω/cm. Esto significa, que al obtener datos superiores a los 6000 Ω/cm, es necesario realizar los cálculos para instalar una malla de puesta a tierra de cuatro varillas.

Tabla 4.71

Aplicación de la fórmula para cuatro varillas, sector El Aeropuerto, Subárea La Puebla

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/4 \times 1,36$ (PARA REALIZAR MALLA DE CUATRO VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA PUEBLA
PUNTO =	(12) EL AEROPUERTO
R1 =	7425 Ω/cm
VARILLAS =	4
CONSTANTE =	1,36
RL =	2524,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.72

Nuevos datos tras la corrección por medio de las fórmulas de AEMC, Subárea La Puebla

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.					
SUBÁREA:	LA PUEBLA	FECHA DE MEDICIÓN:	19/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA		
1 CORAZÓN DE JESÚS	9	927 Ω/cm	3,1	Ω	
2 EL CRUCE	9	842 Ω/cm	2,7	Ω	
3 EL INA	9	1 434 Ω/cm	5,4	Ω	
4 RANCHO MELL	9	3 153 Ω/cm	11	Ω	

5 LA CHILERA	9	3 851,5	Ω/cm	12,2	Ω
6 COLEGIO BILINGÜE	9	2 533,4	Ω/cm	8,6	Ω
7 LA PLAZA	9	2 814	Ω/cm	8,9	Ω
8 LOS GERANIOS	9	1 729	Ω/cm	5,6	Ω
9 CALLE ARRIETA	9	714	Ω/cm	2,4	Ω
10 BAJO VALVERDE	9	509	Ω/cm	1,7	Ω
11 RINCÓN GRANDE	9	2 510,2	Ω/cm	7,9	Ω
12 EL AEROPUERTO	9	2 524,5	Ω/cm	8,3	Ω
13 LA IGLESIA	9	2 007	Ω/cm	7	Ω
14 LA ESCUELA	9	825	Ω/cm	2,6	Ω
15 SÚPER TITO	9	745	Ω/cm	2,5	Ω
16 BAJO LAS VIUDAS	9	1 176	Ω/cm	3,7	Ω
17 CEMENTERIO	9	2 341	Ω/cm	7,9	Ω
18 LA PUEBLA ARRIBA	9	1 859	Ω/cm	5,8	Ω
19 LA PUEBLA ABAJO	9	742	Ω/cm	2,4	Ω
20 TACACAL	9	309	Ω/cm	0,5	Ω

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.72 se denota los datos obtenidos tras la corrección realizada mediante las fórmulas para dos, tres y cuatro varillas para tierra. Para el sector del Rancho Mell, la resistividad fue disminuida a $3\ 153\ \Omega/cm$, pero con este valor no se logra bajar a un valor de resistividad adecuado. Para la Chilera, sucede igual que en el Rancho Mell, logra disminuirse la resistividad a $3\ 851\ \Omega/cm$, pero con una resistencia de $12,2\ \Omega$.

Para el sector del Colegio Bilingüe, se logra una reducción a $2\ 533,4\ \Omega/cm$, con una resistencia de $8,6$ adecuado con los estándares establecidos. Para el sector de Rincón Grande, la resistividad fue mejorada con dos varillas, y se obtuvo una resistencia de $7,7\ \Omega$. Por último, para el sector del Aeropuerto, hubo que aplicar cuatro varillas para lograr llegar a una resistividad de $2\ 524,5\ \Omega/cm$ y una resistencia de $8,5\ \Omega$.

Se ha considerado que la disminución de valores en resistencia es muy baja conforme se incrementa la cantidad de varillas en una malla, por lo que el ICE ha determinado que realizar mallas de más de cuatro varillas, es innecesario, pues no logrará obtenerse un mejor valor.

Para esta subárea, debe tomarse en consideración que, de los cinco puntos de medición, hubo dos sectores en los cuales no logró realizarse la reducción en la resistividad. Para estos casos, será necesario aplicar químicos como la bentonita, para mejorar la resistividad. El problema de la bentonita es el daño que ocasiona en las varillas con el paso del tiempo, pues las oxida y deben realizarse cambios en el futuro.

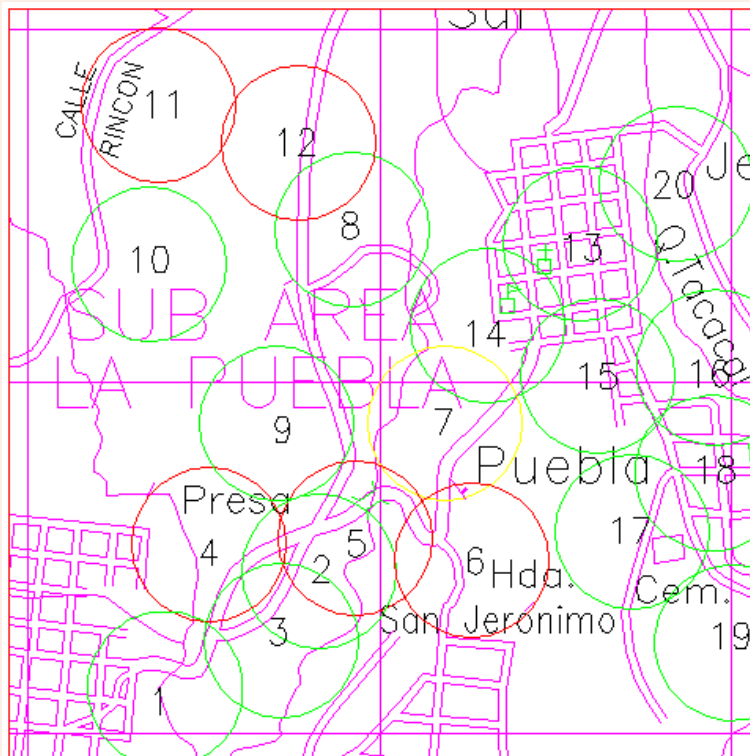
Por otro lado, el hecho de realizar una protección adecuada en el presente no exime a la empresa de realizar sondeos en forma anual, para verificar que los valores de resistividad no hayan cambiado, en especial, aumentando la dificultad para la circulación de las corrientes.

Al igual que en las demás subáreas, se ha realizado el mapeo de resistividad. En este caso, se incluye colores amarillos dentro de él, pues hay valores cercanos a los 10Ω que indican que la tierra tiene una resistividad regular y que deben verificarse las recomendaciones respectivas para estos puntos.

En la Figura 4.14 se realiza el mapeo de resistividad de esta subárea y se indican con los colores respectivos, los diferentes tipos de resistencia que se ubica en estos terrenos. Así mismo, puede encontrarse las recomendaciones que se han realizado para cada punto de medición que esté sobre los 10Ω

Figura 4.14

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea La Puebla, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea La Puebla.

Para el punto 4 - Rancho Mell: aplicar malla para cuatro varillas.

Para el punto 5 - La Chilera: aplicar malla para cuatro varillas.

Para el punto 6 - Colegio Bilingüe: aplicar malla para cuatro varillas.

Para el punto 11 - Rincón Grande: aplicar malla para dos varillas

Para el punto 12 - El Aeropuerto: aplicar malla para cuatro varillas.

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

4.10 SUBÁREA LA CUEVA

Esta subárea comprende parte de la zona alta norte de Naranjo. El clima es normalmente fresco, lo que permite que la tierra mantenga una cierta humedad la mayor parte del año. A nivel de redes de distribución eléctrica, estas limitan con las de la empresa Coope Alfaro Ruiz; en algunos sectores se combinan por el paso de alguno de los alimentadores del ICE.

La topografía del terreno es quebrada, la mayoría está cultivada de hortalizas, pasto para el ganado y en poca cantidad por café.

Tabla 4.73

Datos obtenidos tras la medición en la Subárea La Cueva

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.					
SUBÁREA:	LA CUEVA	FECHA DE MEDICIÓN:	20/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA		
1 NARANJAL	9	1 132	Ω/cm	4,3	Ω
2 TILAPIAS PATA	9	922	Ω/cm	3	Ω
3 CANTINA LA FLOR	9	3 739	Ω/cm	14,1	Ω
4 LA PLAZA	9	4 825	Ω/cm	17	Ω
5 SALÓN COMUNAL	9	3 918	Ω/cm	13,8	Ω
6 LA IGLESIA	9	1 729	Ω/cm	5,7	Ω
7 LOS ROJAS	9	975	Ω/cm	3,2	Ω
8 RIGO SAPA	9	506	Ω/cm	1,8	Ω
9 LOS BAMBÚES	9	2 842	Ω/cm	9	Ω
10 LA CAIDA	9	419	Ω/cm	1	Ω
11 SAN ANTONIO	9	654	Ω/cm	2,5	Ω
12 RECIBIDOR COOPRONARANJO	9	5 329	Ω/cm	22	Ω
13 LA VUELTA	9	2 842	Ω/cm	9,4	Ω
14 CAMINO A CONCEPCIÓN	9	1 981	Ω/cm	6,8	Ω
15 FINCA DE ENRIQUE	9	1 765	Ω/cm	5,4	Ω
16 POLLERA AVIAR	9	2 673	Ω/cm	8,5	Ω

17 LUIS QUIRÓS	9	325	Ω/cm	0,5	Ω
18 LOS LAURELES	9	3 142	Ω/cm	13,9	Ω
19 BEJUCOS	9	2 842	Ω/cm	9,3	Ω
20 FINCA MORAZÁN	9	3 346	Ω/cm	13,3	Ω

Fuente: Elaboración propia.

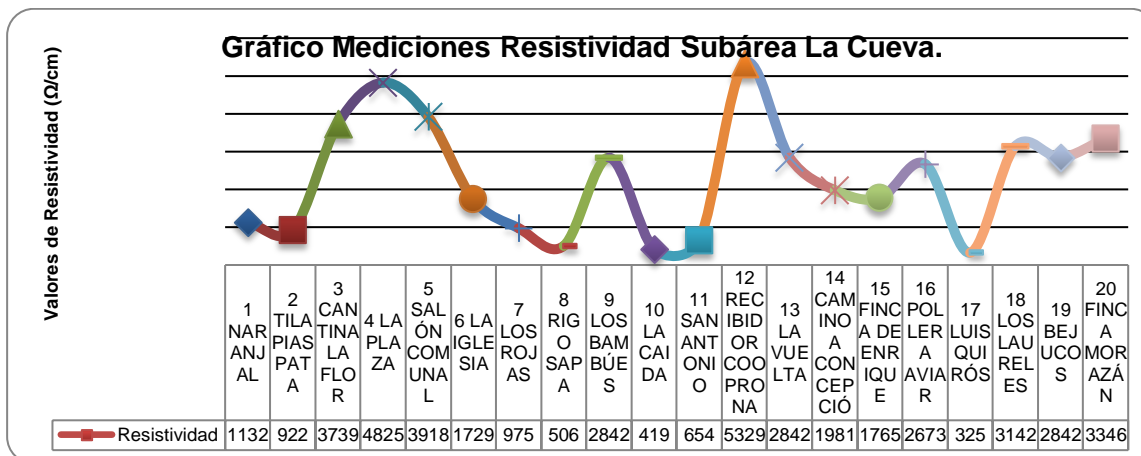
En la Tabla 4.73 se presenta los datos obtenidos tras la medición realizada en 20 sectores de la subárea La Cueva. En ella se encuentran seis valores que sobrepasan el valor de resistividad esperado de 3000 Ω/cm .

Entre los lugares que se destaca por no tener valores óptimos en resistividad y resistencia se definen Cantina La Flor, Sector La Plaza, Sector del Salón Comunal, Recibidor de Coopronaranjo, Sector Los Laureles y el Sector de Finca Morazán.

Los valores de resistividad oscilan entre los 3100 Ω/cm a los 4800 Ω/cm , con valores de resistencia superiores a los 13 Ω . Estos seis sectores serán analizados por medio de las tablas en las que se aplica las fórmulas de corrección de datos de AEMC.

Gráfico 4.17

Resistividad obtenida tras la medición de sectores, Subárea La Cueva

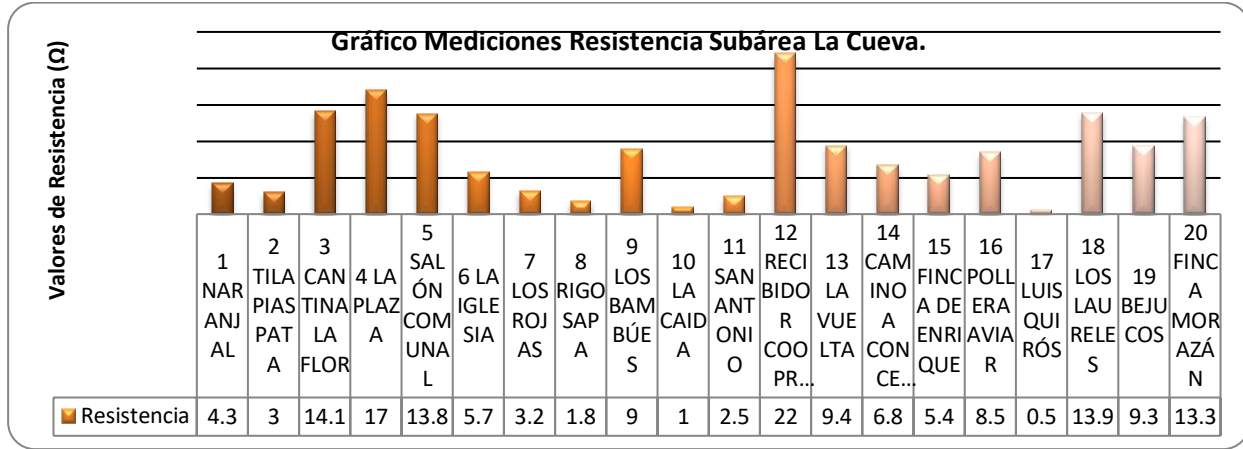


Fuente: Elaboración propia.

Con el Gráfico 4.17 pretende demostrarse el comportamiento de la resistividad en los diferentes sectores de la subárea La Cueva, así se denota que los sectores Cantina La Flor, La Plaza, Salón Comunal, Recibidor Coopronaranjo, Los Laureles y Finca Morazán, se ubica sobre el valor de 3000 Ω/cm .

Gráfico 4.18

Resistencia obtenida tras la medición de sectores, Subárea La Cueva



En el Gráfico 4.18 se muestra los datos de resistividad obtenidos tras la aplicación del nomograma de AEMC. En este, los datos que sobrepasan el valor de 10 Ω, son los que corresponden a los sectores que tienen una resistividad alta.

Con estos datos y los del Gráfico 4.18 y los de la Tabla 4.1, se confeccionará el mapeo de resistividad de esta subárea. Con la aplicación de las fórmulas se sustentará las diferentes recomendaciones en dicho mapeo.

Tabla 4.74

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Cantina La Flor, Subárea La Cueva

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA CUEVA
PUNTO =	(3) CANTINA LA FLOR
R1 =	3739 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2168,62 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.74 aplica la fórmula de dos varillas para el sector de Cantina La Flor. Con esta fórmula se reduce la resistividad a 2168,62 Ω /cm, obteniendo así una resistencia de 7,5 Ω .

Tabla 4.75

Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Plaza, Subárea La Cueva

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA CUEVA
PUNTO =	(4) LA PLAZA
R1 =	4825 Ω /cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2798,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω /cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Para el sector La Plaza, se ha aplicado la fórmula de dos varillas. Según lo refleja la Tabla 4.75, logra disminuirse la resistividad de 4825 Ω /cm a 2798,5 Ω /cm. Se obtiene una resistencia para los sistemas de puesta a tierra de 9,2 Ω .

Tabla 4.76*Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector El Salón Comunal, Subárea La Cueva*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA CUEVA
PUNTO =	(5) SALÓN COMUNAL
R1 =	3918 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2272,44 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Para el sector del Salón Comunal, se aplicó la fórmula de dos varillas y logró disminuirse la resistividad a un valor de 2272,44 Ω/cm. Con los datos de la Tabla 4.76 se obtiene una nueva resistencia de 7,5 Ω.

Tabla 4.77*Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Recibidor Coopronaranjo, Subárea La Cueva*

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/2 X 1,16 (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA CUEVA
PUNTO =	(12) RECIBIDOR COOPRONARANJO
R1 =	5329 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	3090,82 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.77 se disminuye la resistividad de 5329 Ω/cm a 3090,8 Ω/cm . Este valor está muy cerca de los 3000 Ω/cm , por lo que se asume como óptimo. Además, la resistencia obtenida si cumple con el estándar esperado. Este nuevo dato es de 10 Ω .

Tabla 4.78

Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector Los Laureles, Subárea La Cueva

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA CUEVA
PUNTO =	(13) LOS LAURELES
R1 =	3142 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1822,36 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Para el sector Los Laureles, el nuevo valor de resistividad es de 1822,36 Ω/cm , este valor permite una mejor disposición del terreno para un correcto funcionamiento de un sistema de puesta a tierra. El valor de la resistividad es de 5,9 Ω .

Tabla 4.79

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Finca Morazán, Subárea La Cueva

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	LA CUEVA
PUNTO =	(20) FINCA MORAZAN
R1 =	3346 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1940,68 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.79 aporta los datos obtenidos tras la corrección de la resistividad en el sector de Finca Morazán. Acá se logra una reducción considerable del valor medido inicialmente y se obtiene un nuevo valor de 1940,6 Ω /cm con una resistencia de 6,4 Ω .

Con estos datos, se realiza la Tabla 4.80, la cual contiene los nuevos datos obtenidos tras la aplicación de la fórmula de dos varillas en cada uno de los sectores que cuentan con una resistividad alta, y que, por lo tanto, afecta de forma directa la resistencia en los sistemas de puesta a tierra.

Tabla 4.80

Nuevos datos obtenidos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea La Cueva

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	LA CUEVA	FECHA DE MEDICIÓN:	20/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN		DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD		RESISTENCIA OBTENIDA	
1 NARANJAL		9	1 132	Ω /cm	4,3	Ω
2 TILAPIAS PATA		9	922	Ω /cm	3	Ω
3 CANTINA LA FLOR		9	2 168,62	Ω /cm	7,5	Ω
4 LA PLAZA		9	2 798,5	Ω /cm	9,2	Ω
5 SALÓN COMUNAL		9	2 272,4	Ω /cm	7,5	Ω
6 LA IGLESIA		9	1 729	Ω /cm	5,7	Ω
7 LOS ROJAS		9	975	Ω /cm	3,2	Ω
8 RIGO SAPA		9	506	Ω /cm	1,8	Ω
9 LOS BAMBÚES		9	2 842	Ω /cm	9	Ω
10 LA CAIDA		9	419	Ω /cm	1	Ω
11 SAN ANTONIO		9	654	Ω /cm	2,5	Ω
12 RECIBIDOR COOPRONARANJO		9	3 090,8	Ω /cm	10	Ω
13 LA VUELTA		9	2 842	Ω /cm	9,4	Ω
14 CAMINO A CONCEPCIÓN		9	1 981	Ω /cm	6,8	Ω
15 FINCA DE ENRIQUE		9	1 765	Ω /cm	5,4	Ω
16 POLLERA AVIAR		9	2 673	Ω /cm	8,5	Ω

17 LUIS QUIRÓS	9	325	Ω/cm	0,5	Ω
18 LOS LAURELES	9	1 822,3	Ω/cm	5,9	Ω
19 BEJUCOS	9	2 842	Ω/cm	9,3	Ω
20 FINCA MORAZÁN	9	1 940,68	Ω/cm	6,4	Ω

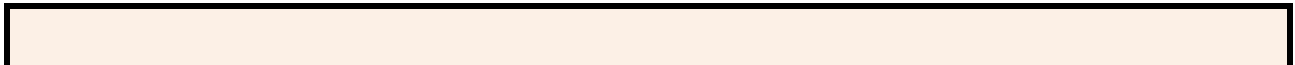
Fuente: Elaboración propia.

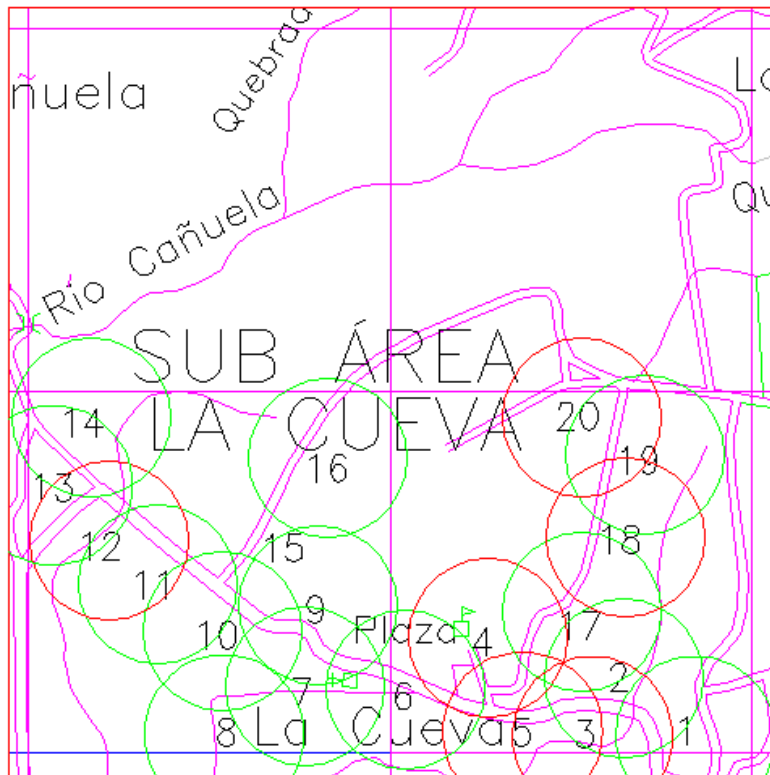
En esta tabla, se realiza la indicación de los nuevos valores de resistividad, así como los valores de resistencia. Esta tabla refleja, por así llamarlo, los cálculos realizados para poder realizar las recomendaciones en el mapeo de resistividad.

Los datos de resistividad han disminuido a valores inferiores o iguales a los 3000 Ω/cm , lo que indica que la aplicación de las fórmulas es muy propicia y adecuada en la obtención de nuevos datos y, en especial, para efectos de diseño.

Figura 4.15

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea La Cueva, con recomendaciones por punto de medición indicado





Recomendaciones para la Subárea La Cueva

Para el punto 3 - Cantina La Flor: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 4 - La Plaza: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 5 - El Salón Comunal: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 12 - Recibidor Coopronaranjo: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 18 - Los Laureles: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 20 - Finca Morazán: aplicar malla para dos varillas

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

En la Figura 4.15, se realiza las medidas correctivas que deben realizarse en esta subárea, en cada uno de los sectores indicados, para poder disminuir, de una forma muy considerable, los valores de resistividad.

Por otra parte, si desea bajarse aún más los valores de resistividad, puede aplicarse una tercera varilla a la malla, esto reduciría más los datos de resistividad y resistencia.

4.11 SUBÁREA SAN JUANILLO

Esta subárea comprende parte de la zona alta noreste de Naranjo. El clima, al igual que en La Cueva, es normalmente fresco, lo que permite que la tierra mantenga una cierta humedad la mayor parte del año. A nivel de redes de distribución eléctrica, estas limitan con las de la empresa Coope Alfaro Ruiz. La topografía del terreno es quebrada; una gran parte está cultivada de hortalizas, pasto para el ganado y en mayor cantidad por café.

Tabla 4.81

Datos obtenidos tras la medición de los sectores de la Subárea San Juanillo

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN						
SUBÁREA:	S. JUANILLO	FECHA DE MEDICIÓN:	22/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA			
1 SAN JUAN	9	5 142 Ω/cm	18,4 Ω			
2 LOS PILONES	9	4 328 Ω/cm	15,9 Ω			
3 CAÑO NEGRO	9	1 722 Ω/cm	5,6 Ω			
4 LA PLAZA	9	3 325 Ω/cm	11,4 Ω			
5 EL HIGUERÓN	9	649 Ω/cm	2,4 Ω			
6 TANQUE AYA	9	2 728 Ω/cm	8,6 Ω			
7 LA ISLA	9	4 329 Ω/cm	16,1 Ω			
8 LAS VUELTAS	9	2 841 Ω/cm	9,2 Ω			
9 CALLE SAN ANTONIO	9	831 Ω/cm	2,7 Ω			
10 FINCA NOGUERA	9	1 430 Ω/cm	5,5 Ω			
11 LOS CAMIONES	9	2 159 Ω/cm	6,1 Ω			
12 RÍO GRANDE	9	746 Ω/cm	2,8 Ω			
13 LOS BOLAS	9	2 398 Ω/cm	8,4 Ω			
14 PEPE ROJAS	9	1 078 Ω/cm	3,9 Ω			
15 LAS TAPAS	9	819 Ω/cm	2,8 Ω			
16 BERNABÉ ROJAS	9	2 567 Ω/cm	9,1 Ω			
17 LLANO BONITO	9	1 428 Ω/cm	4,8 Ω			
18 LA OSTRAS	9	2 142 Ω/cm	7,6 Ω			
19 EL MIRADOR	9	1 319 Ω/cm	4,9 Ω			
20 ENTRADA A CAÑUELA	9	1 215 Ω/cm	4,3 Ω			

Fuente: Elaboración propia.

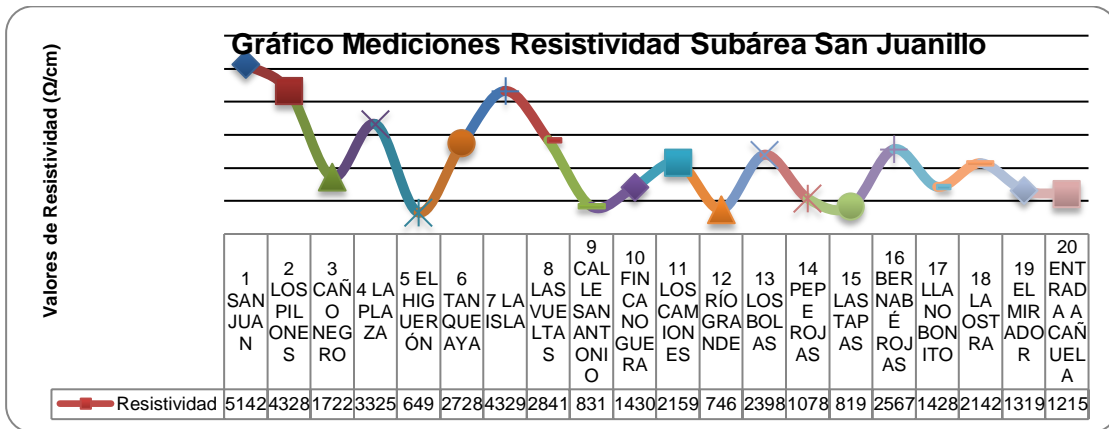
Luego de realizar las mediciones en los diferentes sectores que comprenden la subárea de San Juanillo, se han obtenido los datos que presenta la Tabla 4.81. Se realizó el procedimiento en 20 puntos de medición, de los cuales cuatro sectores no cuentan con una resistividad lo suficientemente baja.

Estos sectores son: San Juan, Los Pilones, La Plaza y La Isla. Sus valores de resistividad son 5142 Ω/cm , 4328 Ω/cm , 3325 Ω/cm y 4339 Ω/cm . Estos valores dan como resultado una resistencia alta en estos puntos. Para corregir estos datos, o para mejorar la resistividad del terreno en estos puntos, se han aplicado las fórmulas de corrección. Los datos serán reflejados más adelante.

Los gráficos Gráfico 4.19 y 4.20 muestran los valores de resistencia de una forma clara, se indica la forma en que se ha distribuido la resistividad a lo largo de las áreas medidas. La resistencia depende en forma directa de la resistividad, lo que se observa en el comportamiento de la resistividad y cómo se aplica esta luego de revisar el nomograma (ver Anexo 2).

Gráfico 4.19

Resistividad obtenida tras la medición de datos en la Subárea de San Juanillo

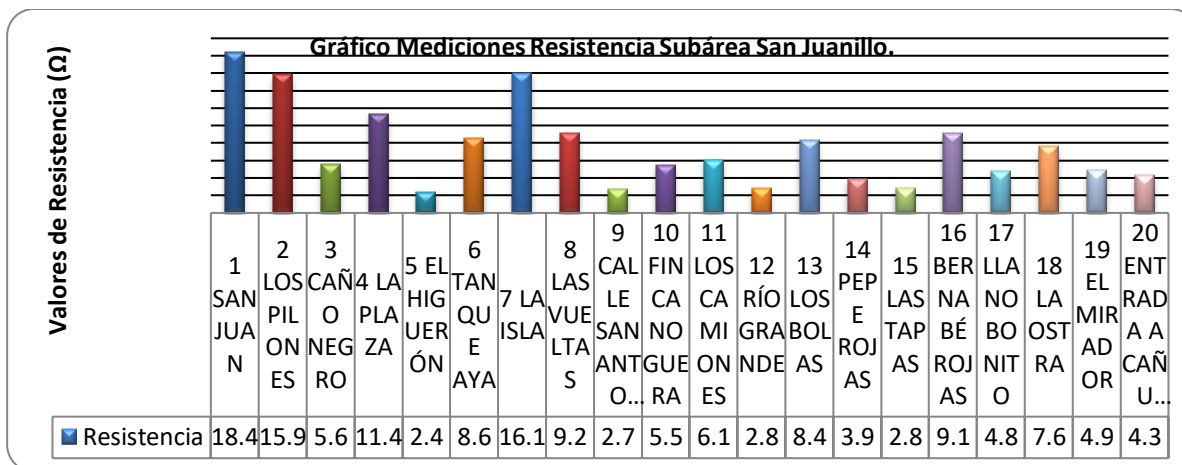


Fuente: Elaboración propia.

Según los datos que reflejan la Tabla 4.82 y la Tabla 4.83, en los sectores de San Juan y Los Pilones, logró disminuirse el valor de la resistividad del terreno. Se han conseguido nuevos valores inferiores a los 3000 Ω/cm . Ciertamente, se podría bajar más estos datos con la inclusión de una tercera varilla a la malla, pero por motivos de índole económica, en el momento en que logre llegarse al valor requerido, ahí se detiene el proceso.

Gráfico 4.20

Resistencia obtenida tras la medición de datos en la Subárea de San Juanillo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.82

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector San Juan, Subárea San Juanillo

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	SAN JUANILLO
PUNTO =	(1) SAN JUAN
R1 =	5142 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2982,36 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Un aspecto que es importante es analizar que se requiere que la red opere, adecuadamente, y para lograr estos efectos, es necesario tener la posibilidad de realizar inversiones adecuadas, para mejorar, no solo los sistemas de puesta a tierra, sino la calidad en el servicio de toda la red.

Con la Tabla 4.84 logró llegarse al valor de los 10 Ω en la resistividad y a los 3000 Ω/cm, por lo que, al aplicar la fórmula para dos varillas, logra disminuirse la resistividad inicial de un valor de 3325 Ω/cm a un valor de 1928 Ω/cm.

Tabla 4.83

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Los Pilones, Subárea San Juanillo

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	SAN JUANILLO
PUNTO =	(2) LOS PILONES
R1 =	4328 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2510,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.84

Aplicación de la fórmula de dos varillas, sector La Plaza, Subárea San Juanillo

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	SAN JUANILLO
PUNTO =	(4) LA PLAZA
R1 =	3325 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1928,5 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

La resistividad del punto de medición en San Juanillo es de 6,6 Ω una vez aplicada la fórmula de corrección de tres varillas.

La Tabla 4.85 refleja el cálculo para llegar a una resistencia de 8,5 Ω .

En la Tabla 4.86 se presenta los nuevos datos obtenidos tras la aplicación de las fórmulas que determinan si es necesario realizar la instalación de dos o tres varillas adicionales, esto para de mejorar la resistividad del terreno.

Tabla 4.85

Aplicación de la fórmula para tres varillas, sector San Juanillo

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
RL= R1/3 X 1,29 (PARA REALIZAR MALLA DE TRES VARILLAS)	
SUBÁREA =	SAN JUANILLO
PUNTO =	(7) LA ISLA
R1 =	5842 Ω/cm
VARILLAS =	3
CONSTANTE =	1,29
RL =	2512,06 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.86

Nuevos datos tras la aplicación de las fórmulas de corrección, Subárea San Juanillo

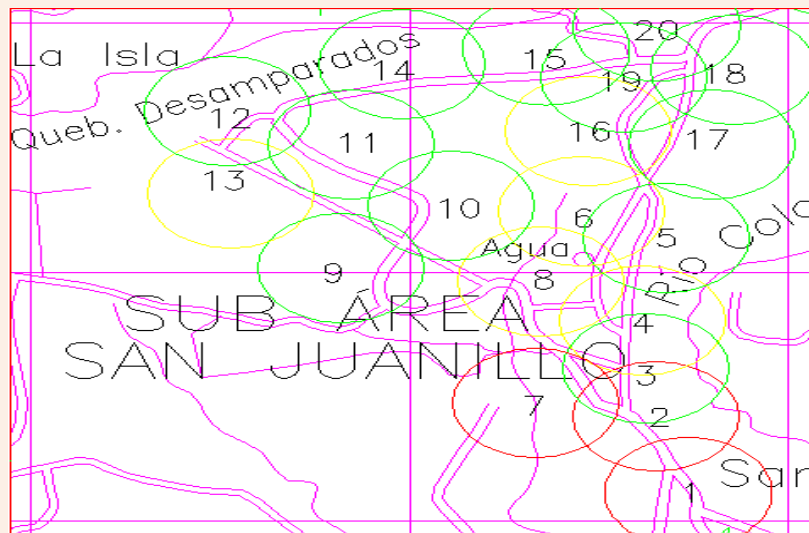
TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN					
SUBÁREA:	S. JUANILLO	FECHA DE MEDICIÓN:	22/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA		
1 SAN JUAN	9	2 982,3 Ω/cm	9	Ω	
2 LOS PILONES	9	2 510,2 Ω/cm	8,5	Ω	
3 CAÑO NEGRO	9	1 722 Ω/cm	5,6	Ω	
4 LA PLAZA	9	1 928,5 Ω/cm	6,6	Ω	
5 EL HIGUERÓN	9	649 Ω/cm	2,4	Ω	
6 TANQUE AYA	9	2 728 Ω/cm	8,6	Ω	
7 LA ISLA	9	2 512,06 Ω/cm	8,5	Ω	
8 LAS VUELTAS	9	2 841 Ω/cm	9,2	Ω	
9 CALLE SAN ANTONIO	9	831 Ω/cm	2,7	Ω	
10 FINCA NOGUERA	9	1 430 Ω/cm	5,5	Ω	
11 LOS CAMIONES	9	2 159 Ω/cm	6,1	Ω	
12 RÍO GRANDE	9	746 Ω/cm	2,8	Ω	
13 LOS BOLAS	9	2 398 Ω/cm	8,4	Ω	
14 PEPE ROJAS	9	1 078 Ω/cm	3,9	Ω	

15 LAS TAPAS	9	819	Ω/cm	2,8	Ω
16 BERNABÉ ROJAS	9	2 567	Ω/cm	9,1	Ω
17 LLANO BONITO	9	1 428	Ω/cm	4,8	Ω
18 LA OSTRAS	9	2 142	Ω/cm	7,6	Ω
19 EL MIRADOR	9	1 319	Ω/cm	4,9	Ω
20 ENTRADA A CAÑUELA	9	1 215	Ω/cm	4,3	Ω

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.16

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea San Juanillo, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea San Juanillo.

Para el punto 1 - San Juan: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 2 - Los Pilones: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 4 - La Plaza: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 7 - La Isla: aplicar malla para tres varillas.

Para los puntos en amarillo, es recomendable aplicar una malla de dos varillas

Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

A través de todo este proyecto, se ha hablado de mejorar la resistividad. Es importante recalcar que, en el ámbito técnico del ICE, se le llama mejorar la resistividad o la resistencia, cuando logra disminuirse la resistencia como tal, por lo tanto, se logra que haya una mejor conductividad de la corriente por el terreno. Por esto, en algunos comentarios, se indica que logró disminuirse la resistencia o la resistividad.

Con los datos ya analizados de esta subárea, logra establecerse el mapeo de resistividad de este sector. Al igual que los anteriores, se utiliza el mismo código de colores y se procede con las recomendaciones respectivas.

4.12 SUBÁREA EL COMÚN

La subárea El Común es un terreno que, al igual que todos los sectores de Naranjo, cuenta con una topografía quebrada. Este lugar como tal, es cultivado en su totalidad de café.

Tabla 4.87

Datos obtenidos tras la medición en la Subárea El Común

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN						
SUBÁREA:	EL COMUN	FECHA DE MEDICIÓN:	25/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA			
1 MATAMOROS	9	4 271 Ω/cm	17	Ω		
2 BENEFICIO VIEJO	9	3 328 Ω/cm	12,1	Ω		
3 FINCA SANTA LUCÍA	9	645 Ω/cm	2,3	Ω		
4 BALNEARIO	9	1 250 Ω/cm	4,1	Ω		
5 LA PLAZA	9	3 125 Ω/cm	11	Ω		
6 LA ESCUELA	9	502 Ω/cm	2	Ω		
7 GERARDO MATAMOROS	9	728 Ω/cm	2,1	Ω		
8 URBANIZACIÓN ROJAS	9	5 140 Ω/cm	18,1	Ω		
9 EL TRÁFICO	9	1 812 Ω/cm	5,7	Ω		
10 RESTAURANTE LA VISTA	9	792 Ω/cm	2,4	Ω		
11 MICRO BENEFICIO	9	2 521 Ω/cm	7,9	Ω		
12 CARLOS CHACÓN	9	3 412 Ω/cm	10,9	Ω		
13 BENEFICIO PETERS	9	842 Ω/cm	2,7	Ω		
14 LOS PASTORES	9	756 Ω/cm	2,2	Ω		
15 FINCA LAS FLORES	9	421 Ω/cm	0,5	Ω		
16 FINCA DEL BANCO	9	1 328 Ω/cm	4,3	Ω		
17 FINCA DEL BANCO	9	2 751 Ω/cm	8,2	Ω		

Fuente: Elaboración propia.

Este lugar se caracteriza por tener una población de origen humilde, en su gran parte asalariados, que trabajan en los cafetales para obtener su sustento y el de sus familias. Las condiciones económicas de estos individuos, no les permiten tener muchos lujos. Sin embargo, en todas las casas se cuenta con los electrodomésticos básicos y en un alto porcentaje con equipos de última tecnología.

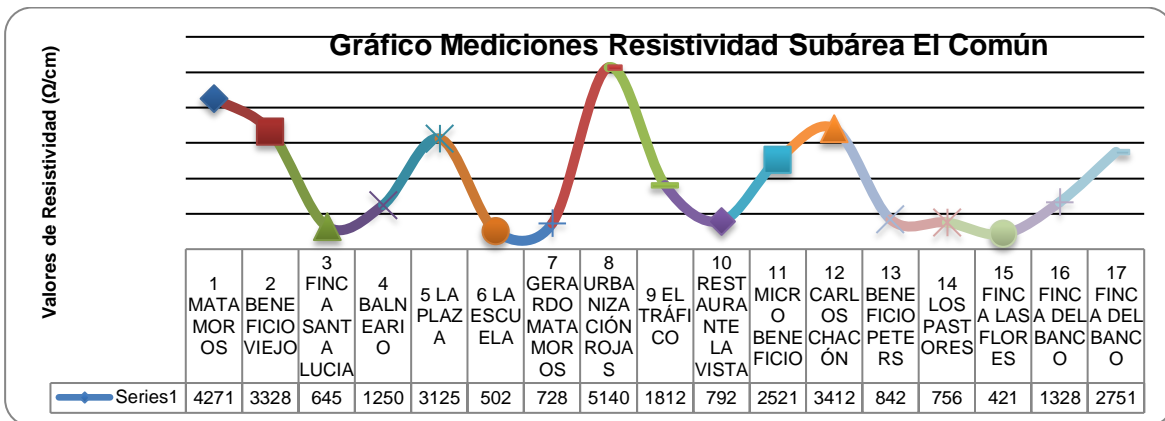
Dado lo anterior, el ICE vela, porque estos abonados, al igual que los grandes clientes, cuenten con un excelente servicio de calidad. En la Tabla 4.87, se verá los diferentes puntos que fueron medidos y en los cuales se ha aplicado el método de investigación que se ha desarrollado en este proyecto.

Al revisar la Tabla 4.87 se define que, de esta subárea, se ha realizado la medición de 17 puntos. Estos puntos se localizan en las cercanías del camino principal y algunas marginales. De los 17 puntos de medición, cuatro no lograron cumplir con los 10 Ω como valor óptimo.

Se ha procedido a aplicar las fórmulas ya conocidas, para obtener nuevos valores en la resistividad y la resistencia de estos sectores. Los puntos por corregir son: Matamoros, Beneficio Viejo, Beneficio Rojas y Carlos Chacón.

Gráfico 4.21

Resistividad obtenida tras la medición de la Subárea El Común



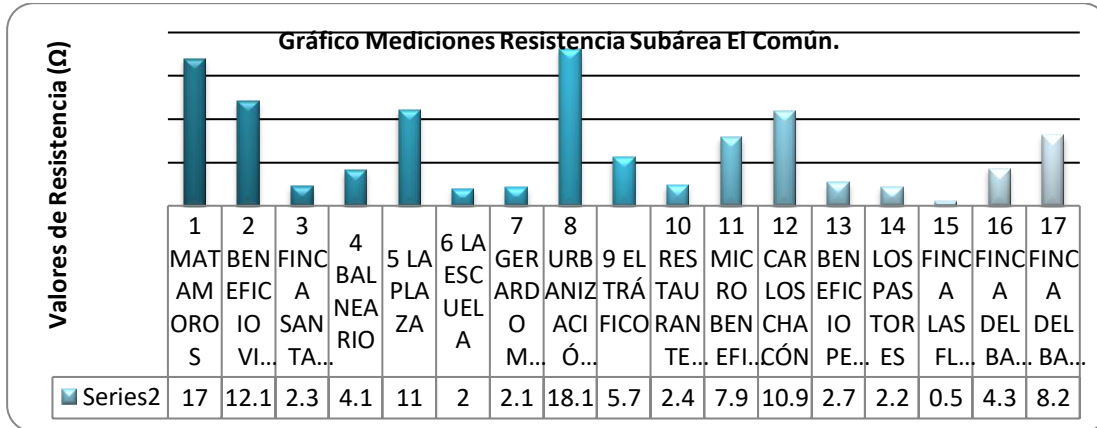
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 4.21 presenta los puntos de medición que conforman la subárea El Común. En este puede observarse el comportamiento de la resistividad del terreno en los puntos superiores a los 3000 Ω/cm .

Los datos expresados, en el Gráfico 4.22, muestran la resistencia de los diferentes puntos de medición de esta subárea. Así, los sectores de Matamoros, Beneficio Viejo, Urbanización Rojas y Carlos Chacón, cuentan con valores superiores a los 10 Ω

Gráfico 4.22

Resistencia obtenida tras la medición de los puntos en la Subárea El Común



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.88

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Matamoros, Subárea El Común

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL COMÚN
PUNTO =	(7) MATAMOROS
R1 =	4271 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2477,18 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Puntos de medición sin el valor de 10 Ω como su máximo permitido, ni algún valor inferior a este, se aplicó la fórmula de corrección para realizar mallas de dos varillas para tierra.

Los datos expresados en el Gráfico 4.22 muestran la resistencia de los diferentes puntos de medición de esta subárea. Así, los sectores de Matamoros, Beneficio Viejo, Urbanización Rojas y Carlos Chacón, cuentan con valores superiores a los 10 Ω

Tabla 4.89

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Beneficio Viejo, Subárea El Común

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL COMÚN
PUNTO =	(2) BENEFICIO VIEJO
R1 =	3328 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1930,24 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.90

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Urba. Rojas, Subárea El Común

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL COMÚN
PUNTO =	(8) URBANIZACIÓN ROJAS
R1 =	5140 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2981,2 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas Tabla 4.88, Tabla 4.89, Tabla 4.90 y Tabla 4.91 corresponden a los cálculos realizados para determinar los nuevos valores de resistencia y resistividad que se logran

al instalar, en este caso general, la fórmula para realizar la instalación de dos varillas para tierra y así formar un malla para tierra y lograr el propósito de este proyecto: las recomendaciones para mejorar las puestas a tierra.

Tabla 4.91

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Carlos Chacón, Subárea El Común

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	EL COMÚN
PUNTO =	(12) CARLOS CHACÓN
R1 =	3412 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	1978,96 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Para las tablas realizadas, ha logrado disminuirse el valor de resistividad respectivo a cada punto. Para todos los sectores, se utilizó la fórmula para dos varillas. Con estos datos, se presenta una nueva tabla de datos.

En la Tabla 4.92, se indica los nuevos valores para los sectores que están sobre el valor de 3000 Ω/cm . Estos datos son el respaldo para realizar las recomendaciones necesarias para lograr una mejor resistencia en los sistemas de puesta a tierra en esta subárea.

Con base en la Tabla 4.92, se define que, al aplicar una malla de puesta a tierra de dos varillas, se logra reducir la resistencia en los puntos de estudio, obteniendo para el sector Matamoros una resistencia de 7,8 Ω ; para el Beneficio Viejo un valor de 6,3 Ω ; para la Urbanización Rojas el valor obtenido es de 9 Ω y, por último, para el sector de Carlos Chacón, logra disminuirse la resistencia a 8,5 Ω .

El sector La Plaza queda marcado con el color amarillo en la Tabla 4.92 como una medida preventiva, porque el valor sobrepasa los 3000 Ω/cm y por omisión no se efectuó la aplicación de la fórmula para dos varillas. En el caso de La Plaza, por el valor medido de 3125

Ω/cm , con la fórmula para dos varillas, se logrará la disminución de la resistividad hasta obtener un valor adecuado y dentro de los márgenes ya establecidos. Así mismo, a la hora de representar este punto en el mapeo de resistividad, el color que le corresponde es amarillo, por estar muy cerca de los 10 ohmios de resistencia como valor máximo permitido.

Tabla 4.92

Nuevos datos tras la aplicación de la fórmula de dos varillas, en la Subárea El Común

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	EL COMUN	FECHA DE MEDICIÓN:	25/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA			
1 MATAMOROS	9	2 477,18	Ω/cm	7,8	Ω	
2 BENEFICIO VIEJO	9	1 930,24	Ω/cm	6,3	Ω	
3 FINCA SANTA LUCIA	9	645	Ω/cm	2,3	Ω	
4 BALNEARIO	9	1 250	Ω/cm	4,1	Ω	
5 LA PLAZA	9	3 125	Ω/cm	11	Ω	
6 LA ESCUELA	9	502	Ω/cm	2	Ω	
7 GERARDO MATAMOROS	9	728	Ω/cm	2,1	Ω	
8 URBANIZACIÓN ROJAS	9	2 981,2	Ω/cm	9	Ω	
9 EL TRÁFICO	9	1 812	Ω/cm	5,7	Ω	
10 RESTAURANTE LA VISTA	9	792	Ω/cm	2,4	Ω	
11 MICRO BENEFICIO	9	2 521	Ω/cm	7,9	Ω	
12 CARLOS CHACÓN	9	1 978,6	Ω/cm	8,5	Ω	
13 BENEFICIO PETERS	9	842	Ω/cm	2,7	Ω	
14 LOS PASTORES	9	756	Ω/cm	2,2	Ω	
15 FINCA LAS FLORES	9	421	Ω/cm	0,5	Ω	
16 FINCA DEL BANCO	9	1 328	Ω/cm	4,3	Ω	
17 FINCA DEL BANCO	9	2 751	Ω/cm	8,2	Ω	

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.17 se expresa de forma descriptiva cada uno de los puntos de medición de la subárea El Común. Para cada punto se utiliza el código de colores aplicado en los demás mapeos y que es el utilizado para el mapeo en general. De igual forma, se realiza las indicaciones necesarias para obtener valores adecuados de resistividad, y así lograr una mejor resistencia en los sistemas de puesta a tierra que serán utilizados en el terreno de esta área en específico.

4.13 SUBÁREA CIRRÍ

El sector de Cirrí es un lugar que se caracteriza por estar en las faldas del Cerro El Chayote, que se ha considerado como un volcán, que no logró desarrollarse por completo. Ante esta situación, el tipo de terreno será de origen volcánico, lo que implica que, en su mayoría, no debe tener una buena resistividad. Sin embargo, es necesario recordar que estas mediciones se realizan en forma muy puntual, sobre la red de distribución eléctrica existente, lo que no brinda un estado real de todo el terreno, pues hay mucho espacio que no es considerado en estos estudios.

Con este preámbulo se realiza la Tabla 4.93, la cual presenta los datos que se han obtenido tras la medición de los diferentes sectores que conforman la subárea Cirrí. Al igual que en todas las subáreas anteriores, acá se pretende aplicar la fórmula de corrección respectivas, y así determinar las soluciones por aplicar para disminuir la resistividad y, por lo tanto, la resistencia.

Tabla 4.93

Datos obtenidos tras la medición de sectores en la Subárea Cirrí

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN.						
SUBÁREA:	CIRRI	FECHA DE MEDICIÓN:	27/06/2024			
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA			
1 LA VIGA	9	2 872	Ω/cm	8,1	Ω	
2 QUEBRADA HONDA	9	3 949	Ω/cm	13,4	Ω	
3 BAJO ARRIETA	9	4 212	Ω/cm	14,1	Ω	
4 LA IGLESIA	9	873	Ω/cm	2,6	Ω	
5 LOS PÉREZ	9	1 842	Ω/cm	4,5	Ω	
6 RINCÓN	9	2 745	Ω/cm	7,8	Ω	
7 LOS JICAROS	9	4 559	Ω/cm	14,7	Ω	
8 LOS JARDINES	9	2 153	Ω/cm	6,9	Ω	
9 LOURDES	9	405	Ω/cm	1	Ω	
10 FINCA COOPERATIVA	9	1 729	Ω/cm	4,2	Ω	

Fuente: Elaboración propia.

Para la subárea Cirrí, solo se logró realizar la medición en 10 sectores, porque este sector es muy rural y los transformadores están muy distantes en la red de distribución eléctrica.

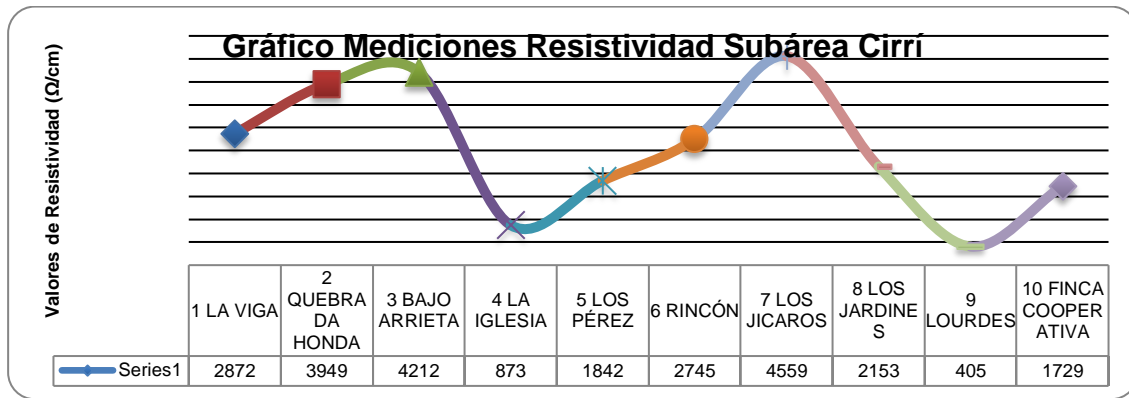
En la Tabla 4.93, se encuentran tres datos que no cumplen con los valores de resistividad previamente establecidos y de sobra conocidos, al igual que con los valores de

resistencia. Estos sectores serán analizados y revisados para obtener la solución adecuada para reducir la resistividad de cada punto.

En el Gráfico 4.23 se muestra el comportamiento de la resistividad en la subárea de Cirrí. Sobre el valor de los 3000 Ω/cm se encuentra el sector de Quebrada Honda, Bajo Arrieta y Los Jícaros.

Gráfico 4.23

Resistividad obtenida tras la medición de los sectores, Subárea Cirrí

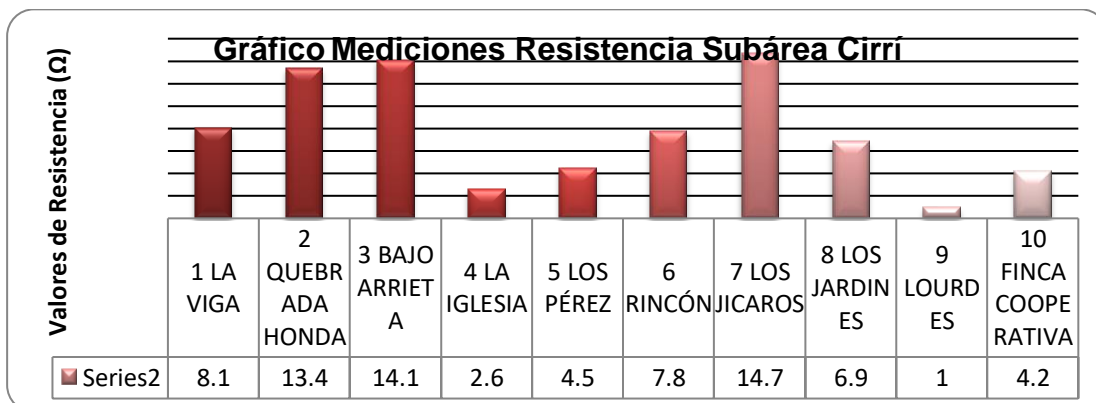


Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 4.24 se muestra la resistencia que se obtuvo una vez conocidos los datos de resistividad que fueron medidos en cada sector. En él se indica los puntos que sobrepasan el valor de los 10 Ω ya definidos.

Gráfico 4.24

Resistencia obtenida tras la medición de sectores, Subárea Cirrí



Fuente: Elaboración propia.

Para Quebrada Honda el valor es de 13,4 Ω ; para Bajo Arrieta es de 14,1 Ω y para Calle Jícaros es de 14,7 Ω . Con estos valores, de previo, se determina que para cada punto se aplicará la fórmula para 2 varillas.

Tabla 4.94

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Quebrada Honda, Subárea CIRRÍ

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CIRRÍ
PUNTO =	(2) QUEBRADA HONDA
R1 =	3949 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2290,42 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

En las Tabla 4.94, Tabla 4.95 y la Tabla 4.96, se aplica las fórmulas para realizar mallas para sistemas de puesta tierra con dos varillas o electrodos. Con la aplicación de estas fórmulas, logra disminuirse los valores de resistividad en los tres puntos que sobrepasan los 3000 Ω/cm .

Tabla 4.95

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Bajo Arrieta, Subárea CIRRÍ

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CIRRÍ
PUNTO =	(3) BAJO ARRIETA
R1 =	4212 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2442,96 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

De esta forma, para Quebrada Honda se redujo el valor inicial a un valor de 2290,42 Ω/cm , obteniendo una nueva resistencia de 9,3 Ω . En el sector de bajo Arrieta se reduce a un dato de 2442 Ω/cm , con una resistencia de 7,6 Ω . En calle Los Jícaros, se midió un valor inicial de 4559 Ω/cm , al cual le aplica la fórmula para dos varillas y se obtiene un valor de 2644,2 Ω/cm , con una resistencia de 7,9 Ω .

Tabla 4.96

Aplicación de la fórmula para dos varillas, sector Los Jícaros, Subárea Cirrí

FÓRMULA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA	
$RL = R1/2 \times 1,16$ (PARA REALIZAR MALLA DE DOS VARILLAS)	
SUBÁREA =	CIRRÍ
PUNTO =	(7) LOS JICAROS
R1 =	4559 Ω/cm
VARILLAS =	2
CONSTANTE =	1,16
RL =	2644,22 Ω/cm
RL: resistencia calculada con malla (Ω) R1: resistividad medida en el punto en Ω/cm VARILLAS: cantidad de electrodos requeridos para realizar la malla. CONSTANTE= valor definido por tabla de AEMC INSTRUMENTS	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.97

Nuevos datos obtenidos luego de la aplicación de la fórmula de dos varillas en la Subárea Cirrí

TABLA DE DATOS EN PUNTOS DE MEDICIÓN					
SUBÁREA:	CIRRI	FECHA DE MEDICIÓN:	27/06/2024		
PUNTO DE MEDICIÓN	DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	LECTURA RESISTIVIDAD	RESISTENCIA OBTENIDA		
1 LA VIGA	9	2 872 Ω/cm	8,1	Ω	
2 QUEBRADA HONDA	9	2 290,4 Ω/cm	9,3	Ω	
3 BAJO ARRIETA	9	2 442,9 Ω/cm	7,6	Ω	
4 LA IGLESIA	9	873 Ω/cm	2,6	Ω	
5 LOS PÉREZ	9	1 842 Ω/cm	4,5	Ω	
6 RINCÓN	9	2 745 Ω/cm	7,8	Ω	
7 LOS JÍCAROS	9	2 644,2 Ω/cm	7,9	Ω	
8 LOS JARDINES	9	2 153 Ω/cm	6,9	Ω	
9 LOURDES	9	405 Ω/cm	1	Ω	
10 FINCA COOPERATIVA	9	1 729 Ω/cm	4,2	Ω	

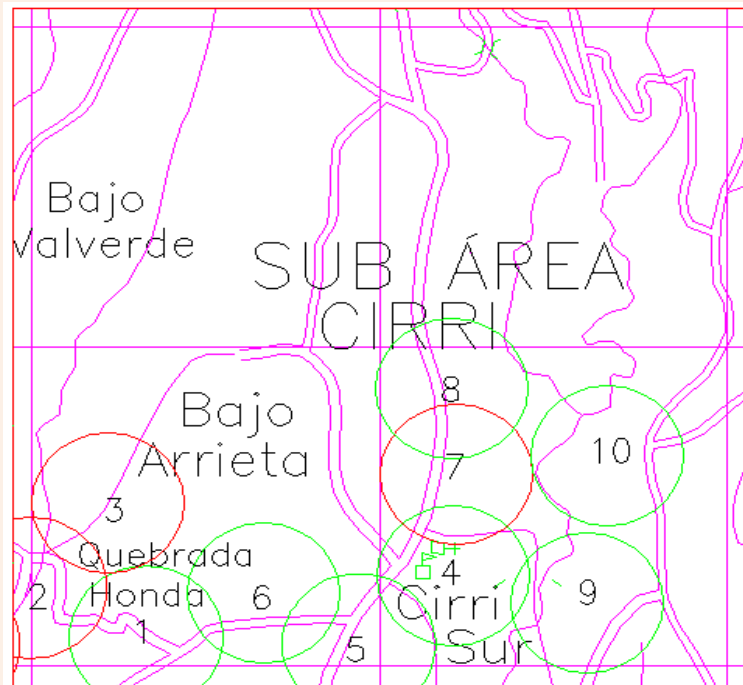
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.97 muestra los datos corregidos para la subárea de Cirrí. Sin embargo, estos datos son solo los cálculos en los que se basa este proyecto para determinar las acciones por implementar a la hora de realizar un diseño.

El mapeo de resistividad fue creado con la Tabla 4.93 que muestra los datos iniciales que fueron medidos, y que son la base para diseñar, construir y mantener las redes de distribución del ICE. Al igual que los anteriores, se utiliza el código de colores establecido por el personal que fue encuestado antes de iniciar con este proceso.

Figura 4.18

Mapa Resistividad, mapeo de Subárea Cirrí, con recomendaciones por punto de medición indicado



Recomendaciones para la Subárea Cirrí.

Para el punto 2 - Quebrada Honda: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 3- Bajo Arrieta: aplicar malla para dos varillas.

Para el punto 7 - Los Jícaros: aplicar malla para dos varillas.

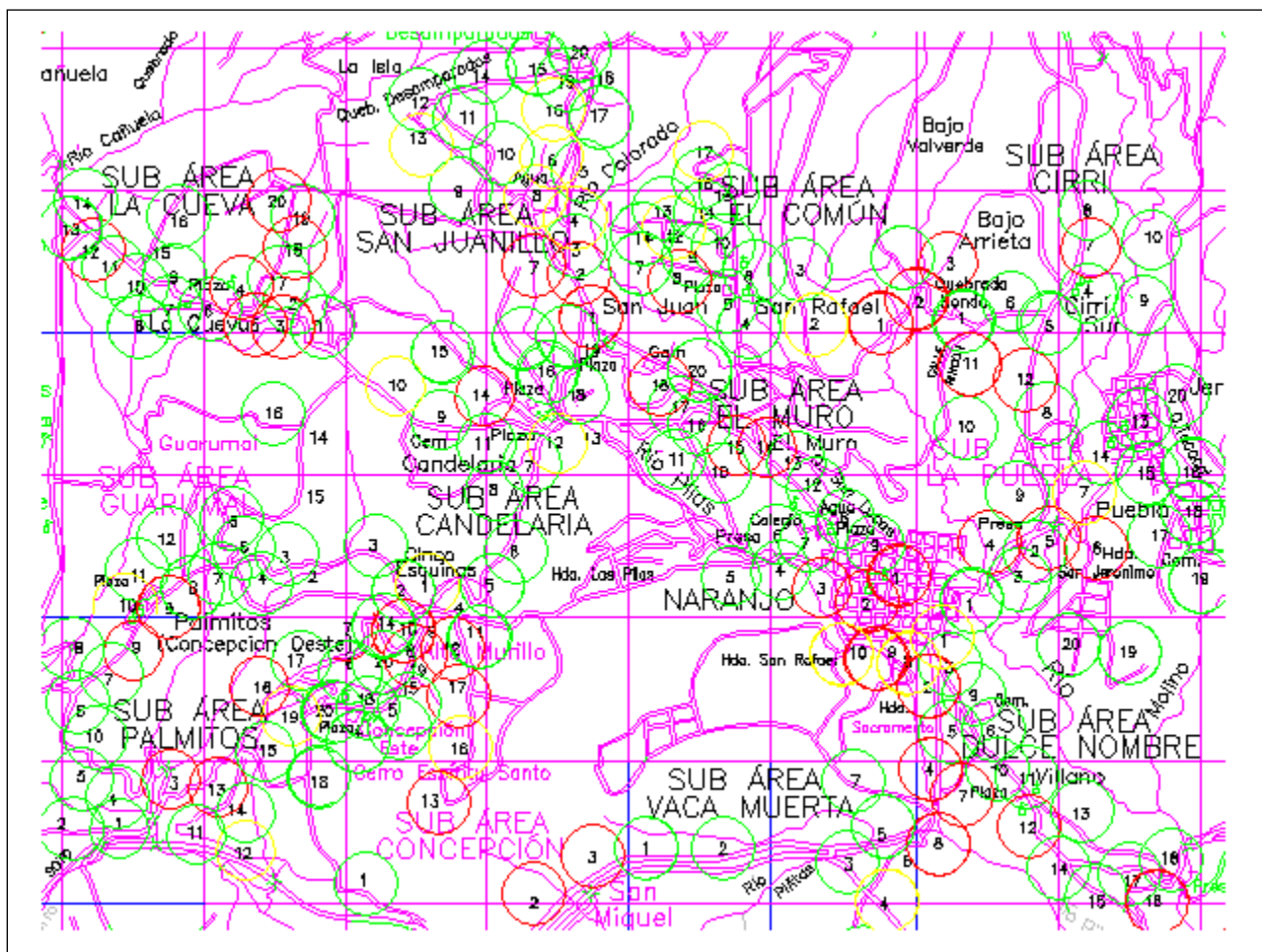
Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

4.14 MAPEO GENERAL DE RESITIVIDAD A LO LARGO DE LA RED ELÉCTRICA DEL ICE

En la Figura 4.19 queda plasmado la unión de todos los mapeos de resistividad que fueron elaborados para las diferentes subáreas que han sido estudiadas. Esta figura muestra el mapeo general de todo el cantón de Naranjo, exactamente, por donde existe red de distribución eléctrica propiedad del ICE.

Figura 4.19

Mapa General de Resistividad a lo largo de la red de distribución eléctrica de Naranjo



Fuente: Centro Local de la Operación de la Red, Naranjo y propia.

El objetivo general de este proyecto es la realización de un mapeo de resistividad que sea fácil de consultar por las personas que deben realizar los diseños de redes nuevas, mantener las redes existentes y procurar que la red tenga los estándares de calidad requeridos por la empresa, a

saber, continuidad y excelencia y así brindar servicios adecuados a los usuarios. La Figura 4.19 presenta el mismo para beneficio del ICE.

Esta investigación tiene diversas implicaciones en beneficio siempre de los usuarios finales de la red de distribución, sean estos los constructores y diseñadores, así como el personal que le brinda el mantenimiento adecuado, sin dejar de lado a los abonados que son suplidos en sus necesidades de energía por medio de dichas redes.

Siendo así, un mapa detallado de resistividad del suelo, permitirá mejorar los sistemas de puesta a tierra existentes y preparar diseños nuevos que contemplen estas mejoras antes de su construcción, incrementando, por tanto, la seguridad de las instalaciones eléctricas, minimizando el riesgo de fallas o accidentes, especialmente en las zonas que se han detectado con mayor índice de resistividad en el terreno.

Por otro lado, conocer bien los valores de resistividad en el sector permite a la empresa y usuarios, que sus sistemas eléctricos, tanto de distribución como internos, están operando dentro de los parámetros establecidos por la Aresep, cumpliendo así con toda la normativa vigente, lo que garantiza que el servicio se esté brindando con calidad y seguridad.

Contar con el mapa actualizado de este sector, también le permitirá a la distribuidora realizar diseños de nuevas instalaciones más eficientes, mejorando su funcionamiento y prolongando su vida útil al mitigar problemas derivados de una mala puesta a tierra.

De forma específica, enfocando el estudio en el circuito Naranjo Estadio, con este estudio y con el mapeo obtenido de dicho análisis, se está mejorando la confiabilidad y estabilidad de este circuito y en el sector en estudiado, lo que generará una reducción en las interrupciones del servicio y una mejora significativa para los abonados.

Estas implicaciones son evaluadas de forma cuantitativa y cualitativa, pues se pueden medir los resultados obtenidos.

Del 100 % de las averías reportadas en el Centro Local de la operación de la Red (CLOR), ubicado en Naranjo y que atiende esta zona, un 28 % de ellas se presenta por daños relacionados a cortos circuitos en la red, descargas eléctricas atmosféricas, entre otras. Con este estudio se logrará bajar este porcentaje hasta un 9 %, pues la gran mayoría de estas averías son por no contar con un sistema de puesta adecuado.

Acá es importante indicar que no es que no se cuente con el sistema de puesta a tierra, es que este no logra conducir de forma adecuada las descargas a la tierra. Con este mapa, se detecta estos puntos y se puede proceder a mejorar dichos puntos, y así brindar una resistencia menor en estos sistemas y que así las descargas puedan disiparse correctamente, sin afectar las redes e instalaciones eléctricas.

De igual forma, de los servicios nuevos que son instalados en el circuito en estudio, el 12 % de ellos son rechazados, porque los valores de resistencia no cumplen con las normas de Aresep. Generalmente, el abonado del ICE prepara todo lo necesario para instalar un servicio nuevo y por “receta” instala un solo electrodo como sistema de puesta a tierra. El cliente no conoce cómo está dicho punto en cuanto a resistencia y lo que esto le puede afectar en pérdidas. Con este mapa, este porcentaje de rechazos se puede reducir al 0 %, porque se le puede brindar la asesoría correcta a los abonados cuando realizan la solicitud formal y que así tengan los sistemas listos para que sean conectados al sistema de distribución, protegiendo así sus servicios, sus instalaciones y, de paso, la red de distribución eléctrica.

Evaluando las implicaciones y los logros obtenidos, se deduce que una mejora significativa en la resistividad del suelo y en los sistemas de puesta a tierra, reducirá la probabilidad de averías causadas por sobretensiones. Cumplir con los parámetros normativos asegura que se cuente con un sistema robusto y eficiente. Esta evaluación puede tardar meses, o incluso años, y dependerá mucho de la voluntad de los funcionarios y el registro adecuado de cada uno de los eventos que acontezcan en el circuito en estudio.

Esta investigación tiene una gran importancia técnica, pues se garantiza que los sistemas de puesta a tierra sean efectivos, como se mencionó, siendo que estos son esenciales para proteger, tanto a las personas como a los equipos eléctricos ante posibles fallas eléctricas o sobrecargas y esta investigación contribuye indudablemente a optimizarlos.

De igual forma, a nivel de diseño, este mapa se viste de mucha importancia, pues se convierte en una herramienta valiosa que mejorará los diseños y las instalaciones de los sistemas de puesta a tierra, en especial, en las nuevas redes de distribución, que serán construidas en este sector y a nivel de toda la región. Igual, es de gran importancia para brindar asesorías a los clientes, los cuales, en muchas ocasiones, sufren de atrasos en sus proyectos como consecuencia de rechazos

que se pueden evitar, incurriendo en costos en el futuro, pues no tendrán pérdidas por mano de obra y materiales adicionales, entre otros.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Este estudio ha analizado la resistividad del terreno en el cantón de Naranjo, destacando la importancia del Mapeo de Resistividad para mejorar los sistemas de puesta a tierra y optimizar las redes de distribución eléctrica. A continuación, se presenta las conclusiones clave que evidencian la utilidad de esta herramienta, tanto para acciones correctivas como para la orientación a futuros usuarios de servicios eléctricos.

Se logró evaluar la variabilidad de los valores de resistividad del suelo en el circuito Naranjo-Estadio, así como su impacto en el cumplimiento de las normas técnicas de la ARESEP en los sistemas de puesta a tierra de este circuito y de los abonados conectados a este.

1. Se identificó las condiciones actuales de resistividad del terreno en los diferentes sitios de red, lo que permitirá tomar acciones correctivas específicas, según los parámetros de medición de cada porción de terreno.
2. Fue posible proponer mejoras en el diseño y mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra en el circuito Naranjo-Estadio, basados en los resultados de las mediciones de resistividad, con el fin de cumplir con las normativas de la ARESEP y optimizar su desempeño.
3. El método de Wenner demostró ser una herramienta efectiva para diagnosticar el estado de resistividad de los diferentes terrenos, gracias a la portabilidad del telurómetro y la inmediatez en la obtención de datos, lo que permite realizar un mapa de resistividad que cumple con las normas de Aresep y los manuales internos del ICE. Esto mejora el diseño, mantenimiento y comercialización en las redes de distribución, así como la protección de las instalaciones eléctricas de los abonados del ICE.
4. Se dispone de un método que permite evaluar de manera predictiva el estado de los sistemas de puesta a tierra, facilitando la asignación efectiva de mano de obra y materiales.
5. Se concluyó que es posible desarrollar un mapeo de resistividad del terreno, que puede ser extrapolado para su aplicación, más allá de los sitios de red de distribución eléctrica en el cantón de Naranjo.

5.2 RECOMENDACIONES

Basadas en los hallazgos del estudio sobre la resistividad del terreno en Naranjo, estas recomendaciones buscan optimizar los sistemas de puesta a tierra y mejorar el mapeo de resistividad. Incluyen la expansión del mapeo a otros cantones, la capacitación del personal técnico y la dotación de equipos, para fortalecer la operación y diseño de la red eléctrica en la Región Central.

1. Extender el mapeo de resistividad del terreno a todos los cantones de la Región de Naranjo y otros sitios de la Región Central de la UEN Servicio al Cliente del ICE.
2. Utilizar los valores de resistencia de puesta a tierra disponibles en la base de datos de transformadores de la Región Central como punto de partida para la realización del mapeo de resistividad, priorizando las áreas más críticas.
3. Nombrar a una persona encargada de recopilar los datos de mediciones realizadas por el personal, aplicar el método establecido y mantener el mapeo actualizado como una herramienta de consulta constante.
4. Capacitar al personal técnico en la obtención y actualización de datos necesarios para el mantenimiento del mapeo de resistividad, así como a los diseñadores y operadores de la red, para que adquieran las habilidades necesarias para interpretar y consultar el mapeo.
5. Proveer a más cuadrillas de Desarrollo y Mantenimiento de Redes con telurómetros, garantizando que todos puedan realizar mediciones de resistividad del terreno de manera efectiva.

Ahora bien, una vez finalizado este trabajo, corresponde a la Institución realizar las siguientes acciones, en busca de aplicar esta investigación con un sentido práctico para el beneficio de los usuarios de la red.

Se espera que el mapeo no se limite solo al circuito Naranjo Estadio. Este debería ampliarse al resto de los circuitos que están en operación en la subregión Naranjo y, de ser posible, implementarlo a nivel regional y nacional. Este es un proyecto que conlleva mucha disciplina y orden, pero que se puede mantener actualizado, pues incluso, como los suelos son compuestos de

diferentes elementos, estos podrían variar en su composición y modificar, por ende, los valores de resistividad.

Esto se podría priorizar en circuitos sensibles o de mayor importancia, como alimentadores y respaldos de grandes empresas, o incluso, en circuitos de gran cantidad de abonados. De igual forma, es importante que se designe a un funcionario que se encargue de recabar los datos, procesarlos y mantenerlos actualizados, para que su uso sea real y funcional.

Finalmente, es importante que la Institución dote de instrumentos a las cuadrillas, tanto de construcción, como de mantenimiento y comercialización, que les permitan realizar mediciones reales que suministren datos para mantener actualizado el mapeo. También se debe concienciar al personal del uso adecuado de estos equipos, y de la importancia que tiene este mapa de resistividad, para construir líneas correctamente diseñadas, evitar averías y reducir costos operativos reiterados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

Referencias

Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2003). *Normativa Técnica AR-NTACO*. Costa Rica.

Grounding Systems Technologies INC. /1999). *Folleto de Puesta a Tierra para Sistemas Eléctricos de Distribución*. Idaho, USA.

Grupo de Trabajo de Ingeniería en Seguridad, Mantenimiento y Operación del Subcomité de Líneas de Transmisión y Distribución. (1990). *Guía IEEE para el Aterrizado Temporal de Líneas de Transmisión y Distribución*. ICE, Costa Rica.

Instituto Costarricense de Electricidad. (1996). *Manual de Diseño, Construcción y Mantenimiento de Sistemas de Puesta a Tierra para Subestaciones*. Costa Rica.

Instituto Costarricense de Electricidad. (2010) *Manual de Normas de Construcción de Redes de Distribución Eléctrica*. (3^a ed.) Costa Rica,

Ruiz, W. (2003). *Protección Integral de Sistemas de Tierra*. Instituto Costarricense de Electricidad. Costa Rica.

Salazar, J. A. (2001). *Seminario de Puesta a Tierra en Sistemas Eléctricos de Potencia*. Instituto Costarricense de Electricidad. Costa Rica.

Referencias Electrónicas

AEMC Instruments. (2024). *Entendiendo Pruebas de Resistencia a Tierra*. Recuperado de <http://www.aemc.com/instruments>. [Consulta: 12 de junio del 2024].

Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Recuperado de http://www.cnfl.go.cr/pls/portal/docs/PAGE/PAGINA_INICIAL/INNOVACION_EFICIENCIA_ENERGETICA/COPY_OF_COPY_OF_HOGAR/ [Consulta: 08 de julio del 2024].

Costa Rica Digital. (2024) Recuperado de <http://www.gobiernofacil.go.cr/E-GOB/weblinks/index.aspx>. [Consulta: 05 de julio del 2024].

Geología Venezolana. (2024). <http://geologiavenezolana.blogspot.com/p/eventos-y-excursiones.html>. [Consulta: 30 de junio del 2024].

Instituto Costarricense de Electricidad. (2024). http://www.grupoice.com/wps/portal/gice/acerca_ice/acerca_ice_documentacion/acerca_ice_documentacion_leyes. [Consulta: 05 de junio del 2024].

Lyncole XPT Aterramiento. (2024). Recuperado de Lyncole XPT Aterramiento(www.Lyncole-Latam.com). [Consulta: 16 de julio del 2024].

Mapas de Costa Rica. (2024). *Mapa de cantón de Naranjo, Alajuela*. Recuperado de http://www.mapasdecostarica.info/atlascantonal/hojas/206_naranjo.htm [Consulta: 25 de mayo del 2024].

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2024). *Mapa de Suelos de Costa Rica*. Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/mapa_suelos.pdf [Consulta: 14 de junio del 2024].

Municipalidad de Naranjo. (2024). <http://www.naranjo.go.cr/catastro/documentos>. [Consulta: 06 de julio del 2024]

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). <http://www.fao.org/corp/topics/es/>. [Consulta: 25 de junio del 2024].

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2024) <http://www.unesco.org/new/es/unesco/resources/publications/> [Consulta: 06 de julio del 2024].

Ruiz, J. (2024). Recuperado de <http://www.blogger.com/profile/01044770048178553890/>. [Consulta: 16 de junio del 2024].

Xuletas. (2024). Recuperado de <http://www.xuletas.es/ficha/12638>). [Consulta: 06 de junio del 2024].

ANEXOS

ANEXO 1

CUESTIONARIO DE ENCUESTA A TÉCNICOS DEL ICE EN NARANJO

El presente cuestionario se hace con el propósito de comparar los conocimientos adquiridos por el personal técnico de la Subregión del ICE en Naranjo, con los datos adquiridos en los estudios y mediciones realizadas en el campo, referente al tema de resistividad del terreno. La información brindada es confidencial, y no se utiliza para ningún propósito distinto del de la investigación.

Parte conceptual

1. ¿Conoce usted el concepto de resistividad del suelo?

Sí No No sabe/responde

2. ¿Es lo mismo resistividad del suelo que la resistencia en un bajante a tierra?

Sí No No sabe/responde

3. ¿Cree usted que la resistencia del suelo afecta el valor de la resistencia en los puntos en los que la red es aterrizada?

Sí No No sabe/responde

4. ¿Sabe usted lo que es un mapeo de resistividad del terreno?

Sí No No sabe/responde

5. ¿Conoce usted la normativa establecida por el ICE para instalar puntos de aterrizaje?

Sí No No sabe/responde

6. ¿Sabía usted que para puntos de transformación y protección de la red el valor máximo permitido es de 10 ohmios?

Sí No No sabe/responde

7. ¿Cuenta su Dependencia con los equipos especializados para medir la resistividad del suelo?

Sí No No sabe/responde

Procesos Técnicos

8. ¿Considera usted que el ICE aplica el criterio adecuado para determinar la resistencia a la hora de instalar una varilla para tierra en un punto de transformación?

Sí No No sabe/responde

Si responde no, justifique su respuesta:

9. ¿Cuenta el ICE con los valores de resistencia de los suelos, necesarios para definir las resistencias adecuadas en los puntos de transformación?

Sí No No sabe/responde

10. ¿Cree usted que es necesario la creación de un mapeo de resistividad de suelos en la zona de Naranjo?

Sí No No sabe/responde

11. ¿El tipo de suelo de la zona de Naranjo, es bueno o malo a nivel de resistividad?

Sí No No sabe/responde

Justifique su respuesta:

12. ¿Considera usted que los equipos instalados en la red de Naranjo están debidamente protegidos ante una sobre corriente?

Sí No No sabe/responde

13. ¿Ante un valor muy elevado, que sobrepase los 10 ohmios establecidos como valor óptimo, el proceso que se realiza para bajar el valor inicial es el correcto?

Sí No No sabe/responde

14. ¿Conoce usted los tipos de suelo que tiene el cantón de Naranjo?

Sí No No sabe/responde

15. ¿Un mapeo de resistividad del suelo puede brindar soluciones en la parte técnica a la hora de instalar mallas o varillas para tierra?

Sí No No sabe/responde

16. ¿Cree usted que conocer los valores de resistencia del suelo de antemano a la hora de realizar diseños de redes nuevas, sería un beneficio para nuestra empresa?

Sí No No sabe/responde

Indique en qué beneficiaría un mapeo de resistividad.

17. ¿Ante un valor alto en la resistencia de la puesta a tierra, qué debe hacerse?

18. ¿En qué afecta que el terreno esté seco o húmedo a la hora de realizar una medición?

19. ¿Qué colores le deben ser asignados en un mapa a una tierra mala, una tierra buena, una tierra media?

20. ¿Cree usted que utilizar bentonita para bajar los valores de resistividad es la mejor opción?

Muchas gracias por su valioso aporte.

ANEXO 2

NOMOGRAMA DE TOMA DE TIERRA PARA DEFINIR LOS VALORES DE RESISTENCIA DEL TERRENO

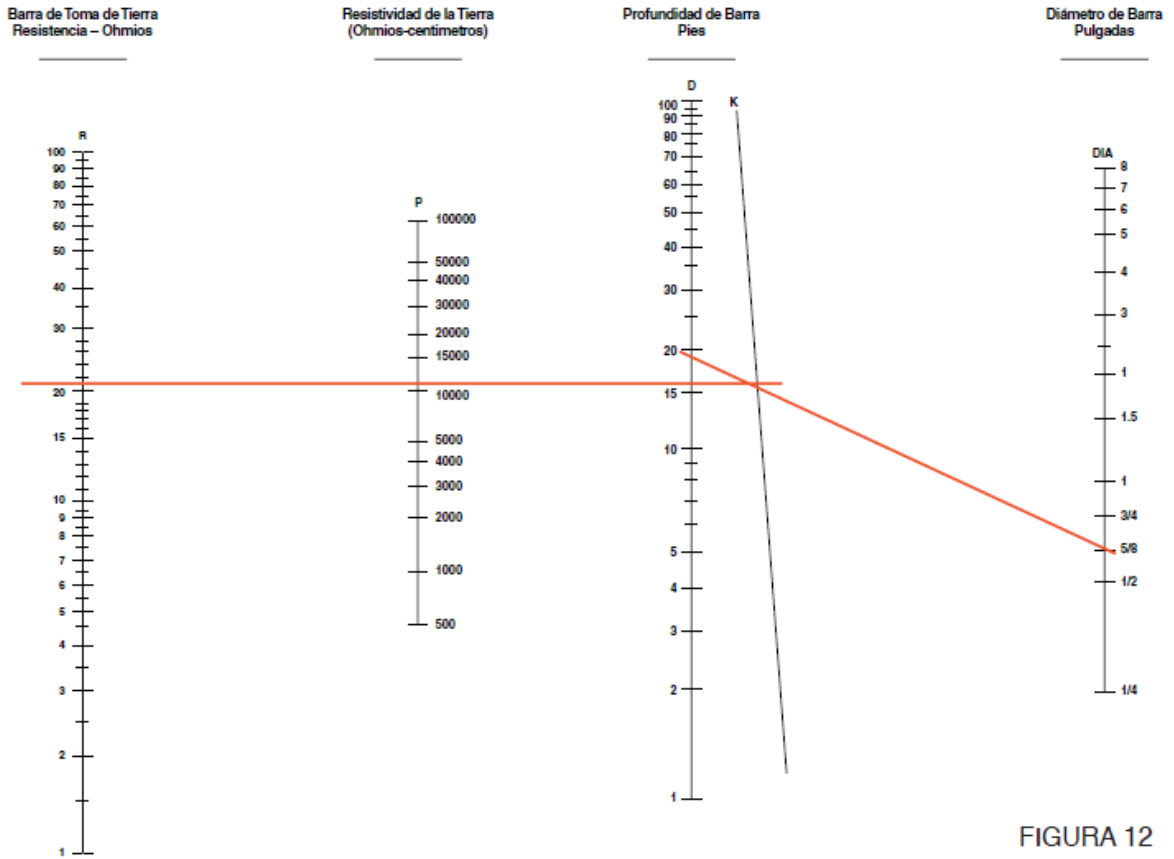


FIGURA 12

Nomograma de Toma de Tierra

(Tomado de folleto *Entendiendo Pruebas de Resistencia de Tierra*, de AEMC Instruments)

ANEXO 3

ANEXO 4 TABLA PARA LA MULTIPLICACIÓN DE FACTORES PARA VARIOS ELECTRODOS

Multiplicando Factores para Varias Baras	
Número de Baras	X
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

(Tomado de folleto *Entendiendo Pruebas de Resistencia de Tierra*, de AEMC Instruments)

Anexo 4

TABLAS Y GRÁFICOS DE LA ENCUESTA APLICADA AL PERSONAL TÉCNICO DEL ICE EN NARANJO SOBRE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO A LO LARGO DE LA REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE NARANJO

Tabla 1

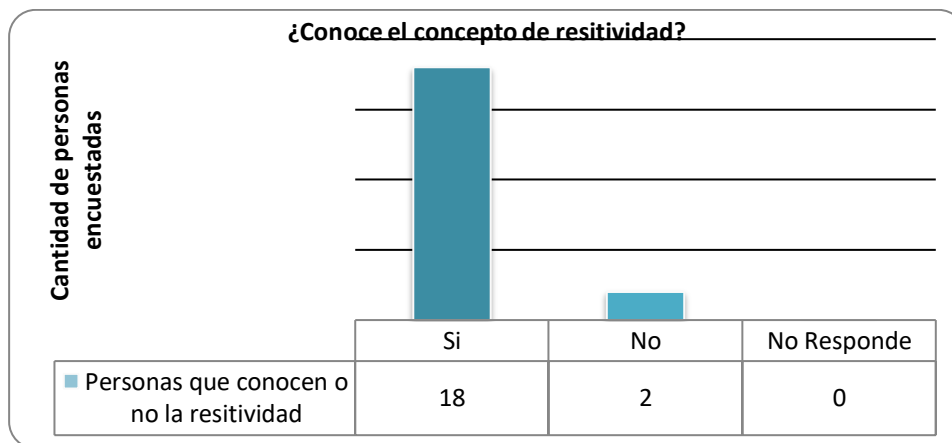
Concepto de resistividad

Conocen los encuestados el concepto de resistividad			
Concepto resistividad	Sí	No	No Responde
Conoce concepto resistividad	18	2	0
Total	18	2	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1

Concepto de resistividad



Fuente: Elaboración propia.

De la encuesta aplicada a 20 empleados del ICE en la zona de Naranjo, 18 técnicos conocen o, por lo menos, tienen una noción de lo que es la resistividad del terreno. Dos empleados desconocen por completo este concepto.

Tabla 2

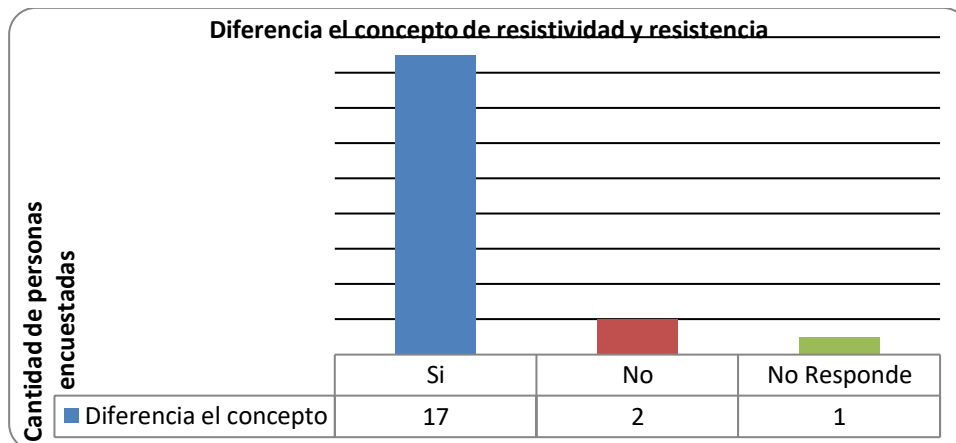
Diferencia entre resistividad y resistencia

Los encuestados tienen claro la diferencia entre resistividad del suelo y resistencia en los sistemas de puesta a tierra			
Diferencia resistividad y resistencia	Sí	No	No Responde
Diferencia el concepto	17	2	1
Total	17	2	1

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2

Diferencia del concepto de resistividad con el de resistencia



Fuente: Elaboración propia.

Del Gráfico 2 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y de los datos obtenidos al tabular las respuestas a esta pregunta, se observa como 17 técnicos logran diferenciar el concepto de resistividad del terreno y el concepto de la resistencia de un sistema de puesta a tierra. Dos empleados no lo tienen claro y un empleado se declara desconocedor por completo del tema.

Tabla 3

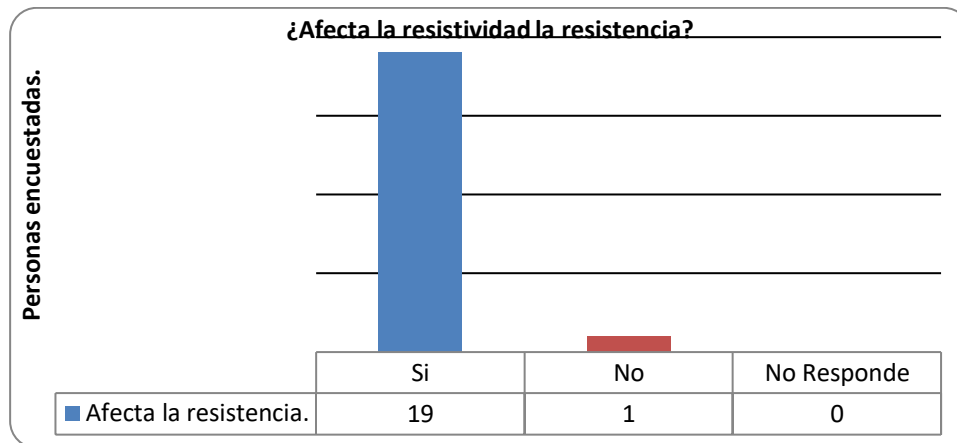
Afectación de la resistividad sobre la resistencia de un terreno

Afecta el valor de resistividad la resistencia de los sistemas de puesta a tierra			
Afecta la resistencia la resistividad	Sí	No	No Responde
Afecta la resistencia	19	1	0
Total	19	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3

Afectación de la resistividad sobre la resistencia



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos de la encuesta el 98 % de los encuestados considera que la resistividad del terreno afecta considerablemente el valor de la resistencia en un sistema de puesta a tierra. El 2 % opina lo contrario.

Tabla 4

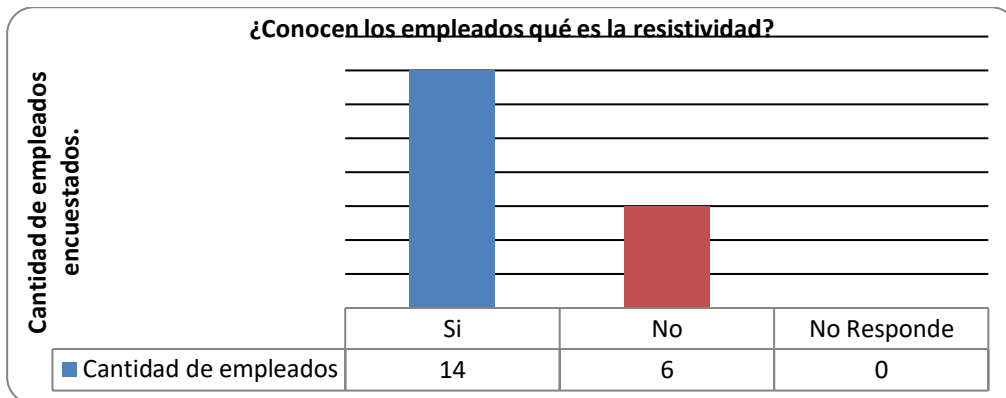
Concepto de mapeo de resistividad

Conocen los encuestados lo que es un mapeo de resistividad del terreno			
Concepto de Mapeo de Resistividad	Sí	No	No Responde
Conoce concepto	14	6	0
Total	14	6	0

Fuente: Propia.

Gráfico 4

Concepto del mapeo de resistividad en el personal del ICE



Fuente: Elaboración propia.

Cuando se le preguntó a los encuestados sobre el concepto de Mapeo de Resistividad, 14 de los encuestados lograron establecer lo que es un mapeo de resistividad. Un total de seis encuestados desconocen, lo que es un mapeo de resistividad.

Tabla 5

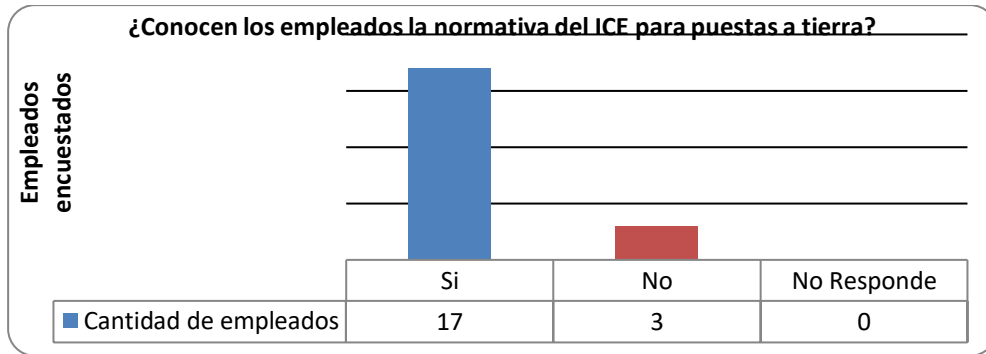
Normativa del ICE para los sistemas de puesta a tierra

Es del conocimiento de los encuestados la normativa del ICE para instalar sistemas de puesta a tierra			
Conoce la normativa del ICE	Sí	No	No Responde
Conoce la normativa	17	3	0
Total	17	3	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico No. 5

Conocimiento de la normativa del ICE para los sistemas de puesta a tierra



Fuente: Elaboración propia.

De la población encuestada, un 97 % de estos manifestó conocer la normativa del ICE referente a los valores de puesta a tierra, a saber 10 ohmios en los puntos de puesta a tierra. El restante 3 % indica que no conoce esta normativa.

Tabla 6

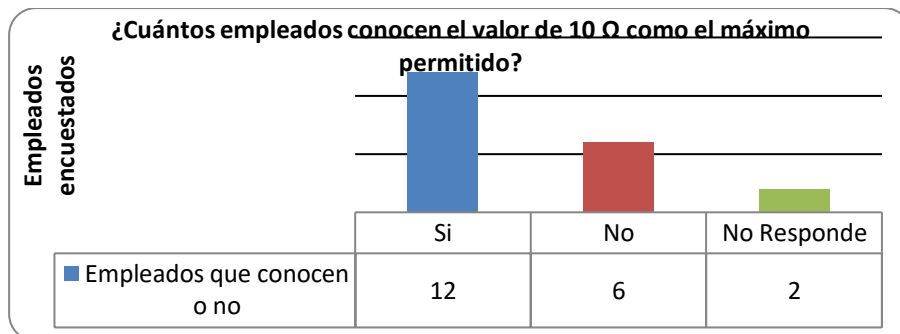
Valor máximo permitido en los sistemas de puesta a tierra

Es conocido que el valor máximo permitido en las puestas a tierra es de 10 ohmios			
Conoce la normativa del ICE	Sí	No	No Responde
Conoce el valor máximo	12	6	2
Total	12	6	2

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6

Valor máximo permitido en los sistemas de puesta a tierra



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la encuesta, 12 de los técnicos entrevistados indicaron conocer que el valor de los sistemas de puesta a tierra máximo permitido, es de 10 ohmios en todos los puntos de transformación y puntos donde se instalen equipos especiales o algún tipo de protección, etc. Seis empleados manifestaron no conocer nada sobre el tema y dos no supieron responder esta pregunta.

Tabla 7

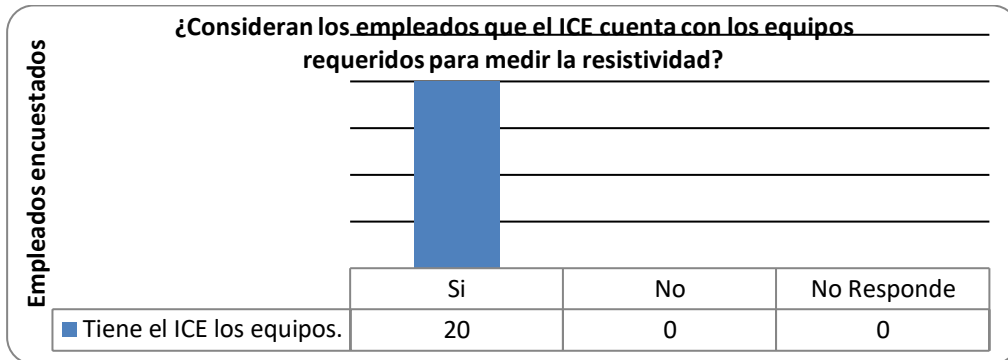
Equipos necesarios para medir la resistividad del terreno

Cuenta las Dependencias con los equipos necesarios para medir los valores de resistividad del terreno			
Equipos necesarios para medir	Sí	No	No Responde
Cuenta con los equipos	20	0	0
Total	20	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7

Cuenta el ICE con los equipos necesarios para medir la resistividad



Fuente: Elaboración propia.

El 100 % de los encuestados ha indicado que la dependencia para la cual laboran, cuenta entre sus equipos con los necesarios para realizar las mediciones de la resistividad del terreno.

Tabla 8

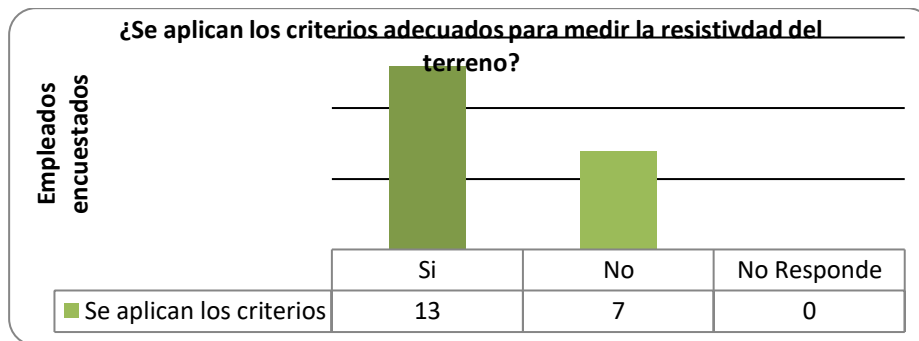
Criterios para determinar los valores de resistividad del terreno

Se aplica el criterio adecuado para determinar los valores de resistencia en los sistemas de puesta a tierra			
Criterio para determinar resistencia	Sí	No	No Responde
Se aplica	13	7	0
Total	13	7	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8

Se aplica los criterios de adecuados para determinar la resistividad



Fuente: Elaboración propia.

De los compañeros entrevistados, 13 han considerado que a la hora de determinar la resistividad de un terreno, el método utilizado por el ICE es el correcto. Los restantes siete compañeros consideran que no es así.

Tabla 9

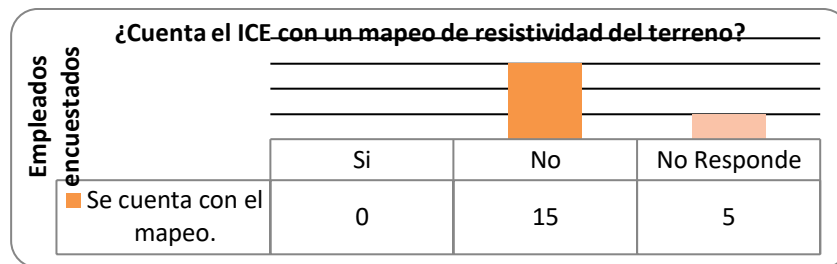
Se cuenta con un mapeo de resistividad del terreno en el ICE

Cuenta el ICE con un mapeo de resistividad del suelo			
Cuenta el ICE con un mapeo	Sí	No	No Responde
Se cuenta con el mapeo	0	15	5
Total	0	15	5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9

El ICE cuenta con un mapeo de resistividad del terreno



Fuente: Elaboración propia.

Se puede definir que el ICE no cuenta con un mapeo de resistividad del terreno, esto por cuanto, 15 de lo entrevistados así lo definen y 5 indican no saber si el ICE tiene o no este mapeo.

Tabla 10

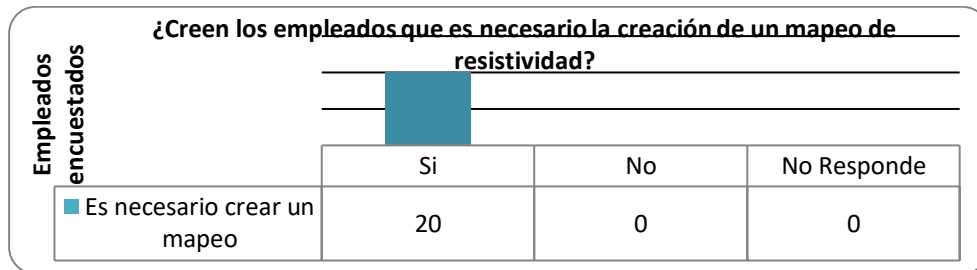
Necesidad de crear un mapeo de resistividad del terreno

Consideran los encuestados que sea necesario la creación de un mapeo de resistividad del suelo			
Cuenta el ICE con un mapeo	Sí	No	No Responde
Es necesario crear un mapeo	20	0	0
Total	20	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10

Opinión de los empleados sobre la creación de un mapeo de resistividad



Fuente: Elaboración propia.

El 100 % de los encuestados considera que es necesaria la creación de un mapeo de resistencia del suelo en el cantón de Naranjo. A la vez, se considera importante, que este proyecto sea ampliado a toda la Región.

Tabla 11

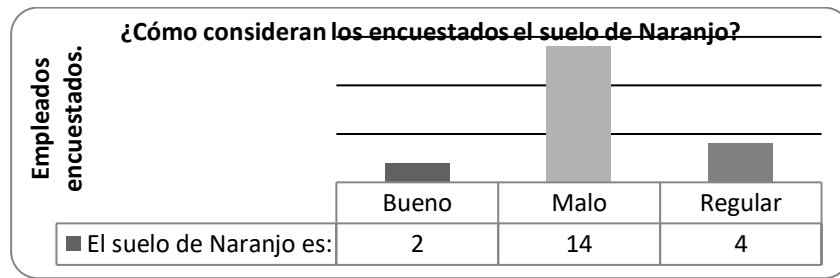
Consideración del tipo de suelo en el cantón de Naranjo

Es el suelo de Naranjo “bueno o malo”, según los encuestados			
Variables	Bueno	Malo	Regular
El suelo de Naranjo es:	2	14	4
Total	2	14	4

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11

Tipo de suelo que tiene el cantón de Naranjo, según los técnicos



Fuente: Elaboración propia.

Dos técnicos consideran que la tierra en Naranjo es buena. Un total de 14 empleados indican que la tierra en esta Agencia es mala y una cantidad de cuatro compañeros considera que la tierra en este sector es regular (ni buena ni mala).

Tabla 12

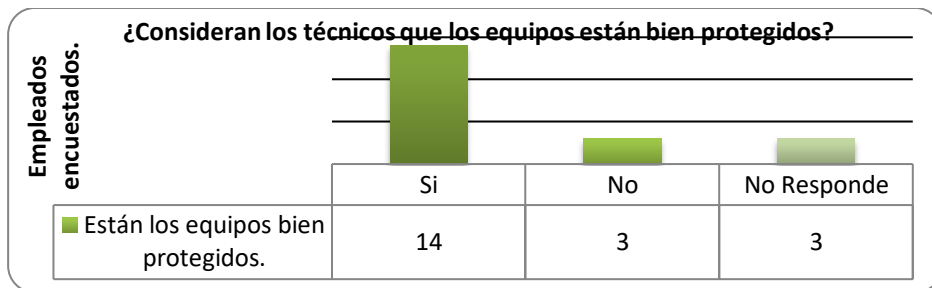
Protección de los equipos instalados en la red con los valores de resistencia actuales

Están bien protegidos los equipos que han sido instalados en la red, esto con base a los valores de resistencia obtenidos a la hora de su instalación			
Protección de los equipos	Sí	No	No Responde
Están los equipos bien protegidos	14	3	3
Total	14	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12

Consideración de los técnicos en cuanto a la protección de los equipos



Fuente: Elaboración propia.

De los compañeros que han sido abordados sobre este tema, 14 indican que los equipos instalados en la red están bien protegidos. Del total, tres indican que no es así y tres compañeros no conocen las condiciones actuales.

Tabla 13

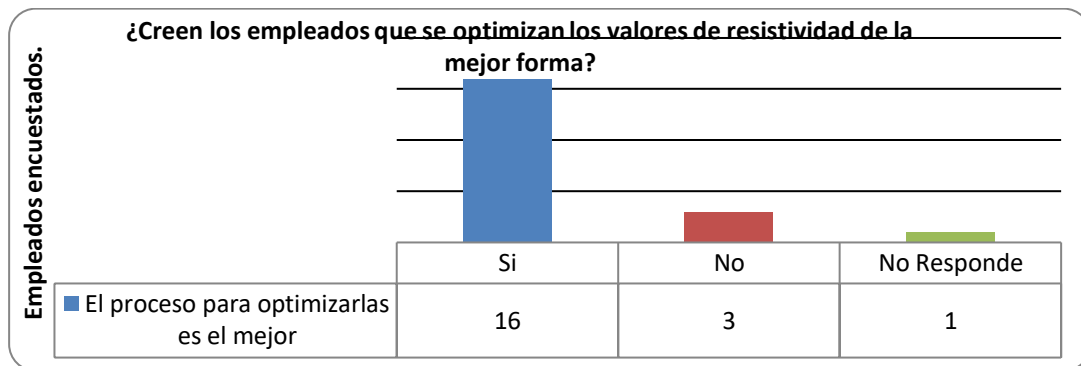
Proceso para disminuir los valores de resistividad

Ante valores elevados de resistividad, el proceso llevado a cabo para optimizar estos valores, es el correcto			
Valores altos en la resistividad	Sí	No	No Responde
El proceso para optimizarlas es el mejor	16	3	1
Total	16	3	1

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13

Proceso utilizado para la disminución de los valores de resistividad elevados



Fuente: Elaboración propia.

Un 70 % de los encuestados ha definido que los procesos o medios mediante los cuales se mejoran los sistemas de puesta a tierra son los mejores. Un 20 % considera que no son los medios más adecuados y un 10 % prefirió no responder.

Tabla 14

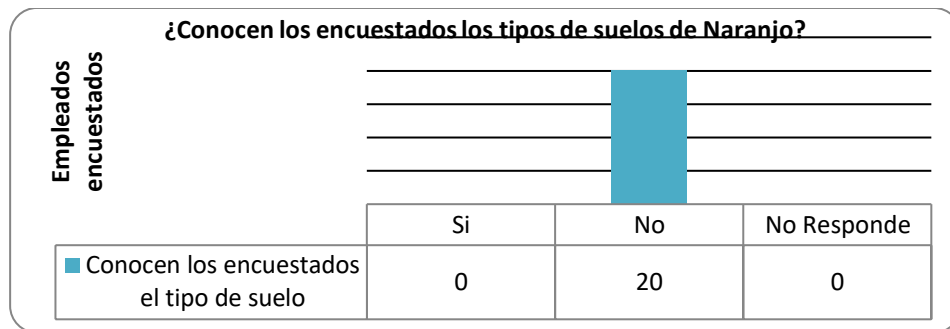
Diferentes tipos de suelos en el cantón de Naranjo

Es del conocimiento de los encuestados los diferentes tipos de suelo del cantón de Naranjo			
Tipos de suelo de Naranjo	Sí	No	No Responde
Conocen los encuestados el tipo de suelo	0	20	0
Total	0	20	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14

Conocimiento de los tipos de suelos en el cantón de Naranjo



Fuente: Elaboración propia.

El 100 % de los encuestados ha manifestado desconocer por completo los diferentes tipos de suelo que se encuentran en el cantón de Naranjo.

Tabla 15

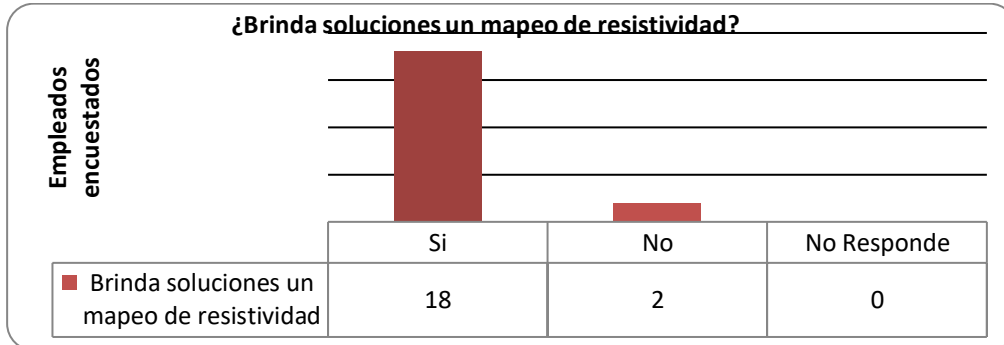
Mapeo de resistividad brinda datos para solucionar resistividad alta

Un mapeo de resistividad puede brindar soluciones a los problemas presentados por valores altos en la resistividad			
Mapeo de resistividad del terreno	Sí	No	No Responde
Brinda soluciones un mapeo de resistividad	18	2	0
Total	18	2	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 15

Mapeo de resistividad como solución ante valores altos en la resistividad



Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de los encuestados, un total de 18 empleados, considera que un mapeo de resistividad puede brindar las soluciones necesarias ante un valor elevado de resistencia en un sistema de puesta a tierra. Un total de dos compañeros piensan que el mapeo no será útil.

Tabla 16

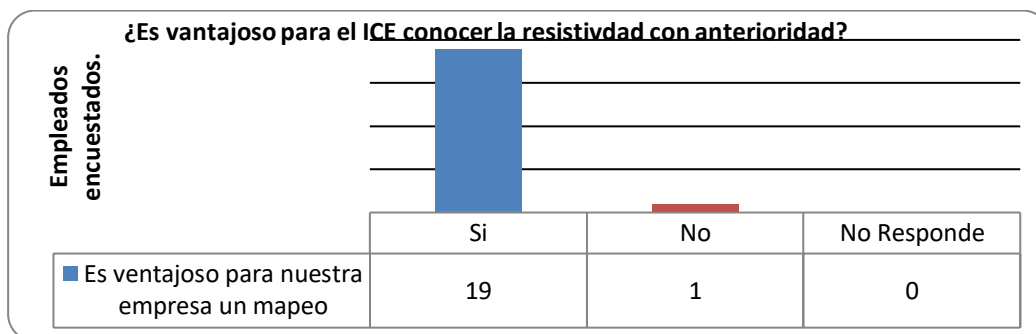
Conocer los valores de resistividad es ventajoso para el ICE

Conocer los valores de resistividad antes de realizar trabajos en el campo sería ventajoso para nuestra empresa			
Mapeo de resistividad del terreno	Sí	No	No Responde
Es ventajoso para nuestra empresa un mapeo	19	1	0
Total	19	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16

Es ventajoso para el ICE conocer los valores de resistividad con antelación



Fuente: Elaboración propia.

De los 20 compañeros que colaboraron con esta encuesta, 19 consideran que conocer con antelación la resistividad del terreno, será muy ventajoso para nuestra empresa. Un compañero indica que esto no será así.

Tabla 17

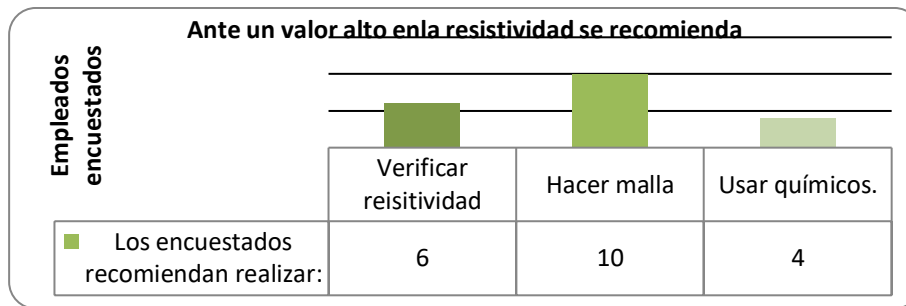
Recomendaciones ante un valor alto en la resistividad del terreno

Cuando se obtiene un valor alto en las puestas a tierra, usted recomendaría realizar lo siguiente			
Ante un valor alto en la resistividad	Verificar resistividad	Hacer malla	Usar químicos
Los encuestados recomiendan realizar	6	10	4
Total	6	10	4

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 17

Recomendaciones de los encuestados ante una resistividad alta



Fuente: Elaboración propia.

Las recomendaciones que nos aportan los compañeros ante un valor alto en una resistencia de un sistema de puesta a tierra, esto para mejorar, son, en su mayoría, realizar una malla en el punto de medición, seguido por la verificación de las puestas a tierra y, por último, el uso de químicos para bajar estas medidas, pero este no es muy recomendado por la contaminación que implica.

Tabla 18

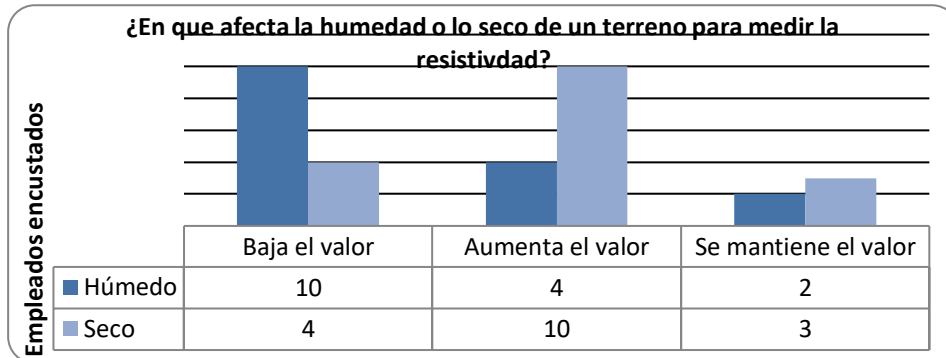
Terreno húmedo o seco, afecta las mediciones de resistividad

Cuando el terreno está húmedo o seco, esto nos afecta en las mediciones de la siguiente manera				
Variables	Baja el valor	Aumenta el valor	Se mantiene el valor	No sabe no responde
Húmedo	10	4	2	4
Seco	4	10	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18

Cómo afecta la resistividad la humedad o lo seco de un terreno



Fuente: Elaboración propia.

Ante un terreno que se encuentra en condiciones húmedas 10 de los encuestados considera que el valor de resistividad es más bajo, cuatro consideran que aumenta el valor, dos indican que se mantiene el valor y cuatro no saben la condición que se asume.

Ante un terreno seco cuatro personas consideran que el valor baja, 10 personas opinan que el valor de resistencia aumenta, tres consideran que se mantiene igual y tres personas no saben que sucede al respecto.

Tabla 19

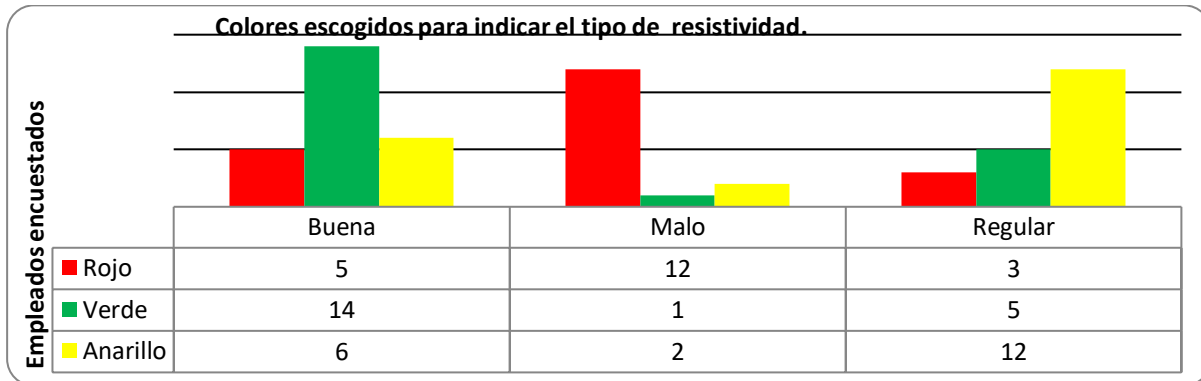
Código de colores para el tipo de resistividad obtenida tras la medición

Para confeccionar un mapeo, debe distinguirse en el mismo los tipos de resistividad con los siguientes colores			
Variables	Buena	Malo	Regular
Rojo	5	12	3
Verde	14	1	5
Amarillo	6	2	12

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 19

Colores escogidos por los empleados para identificar los tipos de resistividad tras la medición



Fuente: Elaboración propia.

Los encuestados tienen una preferencia del color rojo para definir que las tierras son malas, hablamos de un total de 12 encuestados. Una cantidad de 14 encuestados considera que el verde es el color apto para determinar el lugar donde la resistividad es buena o baja y 12 compañeros han establecido el amarillo como el color para definir los puntos en que las tierras son regulares, en cuanto a resistividad.

Tabla 20

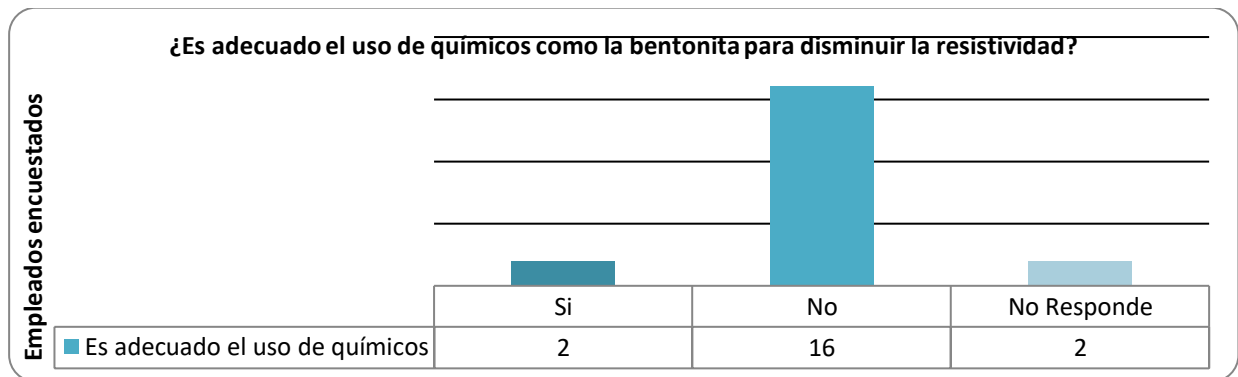
Uso de la bentonita para mejorar la resistividad

Utilizar bentonita es funcional para efectos de resistividad			
El uso de Bentonita	Sí	No	No Responde
Es adecuado el uso de químicos	2	16	2
Total	2	16	2

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 20

Uso de la bentonita en los procesos de instalación de sistemas de puesta a tierra, para mejorar la resistividad



Fuente: Elaboración propia.

De los compañeros que facilitaron este muestreo, 16 consideran que el uso de químicos como la bentonita, no es adecuado para bajar la resistividad del terreno, dos compañeros consideran que sí lo es y dos compañeros se abstuvieron de responder.

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA ENCUESTA, TABLAS Y GRÁFICOS

Como se ha explicado, al realizarse la instalación de los diferentes equipos a lo largo de la red de distribución eléctrica de Naranjo, se procede con la medición de la resistencia de los sistemas de puesta a tierra. Esto genera un conocimiento mayoritariamente empírico de cómo se comporta la resistividad del terreno en la zona que abarca el punto que fue medido.

Con la encuesta que se realizó, pretende cotejarse el conocimiento empírico adquirido por los técnicos especializados en la instalación de sistemas de puesta a tierra, por medio de la ejecución de obras y los datos obtenidos, por medio de la medición de la resistividad con el telurómetro y la aplicación del método Wenner.

Al revisar que un alto porcentaje de los técnicos que fueron encuestados tienen claro el concepto de resistividad y resistencia y que logran diferenciar ambas de una manera eficaz, permite determinar que el manejo de estos conceptos se ha dado de una forma mayoritariamente empírica. Esto no significa que alguna vez se haya realizado una medición, utilizando el método Wenner o por medio del ohmímetro de electrodos.

En muchas ocasiones, se tiende a confundir estos dos conceptos de manera frecuente. De hecho, trata de establecerse como el valor de la resistividad el valor obtenido al medir la resistencia de un sistema de puesta a tierra. Los datos de la encuesta indican que el 90 % de los empleados de la UEN Servicio al Cliente, Electricidad, zona de Naranjo, sí tienen claro el concepto de resistividad del suelo y el concepto de resistencia en un sistema de puesta a tierra.

Al preguntar sobre los mapeos de resistividad, un porcentaje alto de los encuestados indica conocer sobre el tema. En su mayoría, los encuestados consideran oportuno que en la región se cuente con un mapeo, pues, así lo indican los gráficos y tablas, este traerá beneficios para la empresa.

Ante estos datos, la elaboración de un mapeo de resistividad del terreno, se convierte en una necesidad para los técnicos del ICE que laboran en esta región. La mayoría de los encuestados ven como algo positivo la creación de este mapeo.

GLOSARIO

Código de colores	Los colores que fueron seleccionados por el personal del ICE en Naranjo para distinguir cuando una resistividad es buena, mala o regular.
Electrodo	Tubo de metal utilizado para medir la resistividad y la resistencia. Por él circulan el voltaje y la corriente utilizados en este proceso. También son las varillas para tierra que se instalan para canalizar las descargas eléctricas.
Equipo de protección	Es una cuchilla que corta el circuito, en caso de una descarga inesperada, una avería o algún daño en ella. Cuenta con un pararrayo para protección de la carga instalada a la cuchilla.
Geográfico	Hoja cartográfica que ha sido utilizada para indicar los lugares en los que existe red de distribución eléctrica.
Mapeo	Representación gráfica de los diferentes valores de resistividad obtenidos tras la medición con los equipos especializados, en los diferentes sectores de Naranjo.
Nomograma	Escala de valores en forma de tabla vertical, que permite determinar los valores de resistencia y resistividad, partiendo de una medición inicial.
Ohmios	Unidad de medida de la resistividad y la resistencia.
Recerrador	Equipo que protegen la red ante un fallo de esta, sacando un circuito de operación, ante fallas instantáneas, reconectándolo de nuevo cuando estas se despejan, o por un periodo de cinco minutos, en caso de que la falla persista y se despeje en un tiempo mayor que el anterior.
Red distribución eléctrica	Toda la estructura por la que se transporta la electricidad hacia los hogares y empresas de Costa Rica.
Resistencia	Capacidad de los sistemas de puesta a tierra para resistirse al paso de la corriente.
Resistividad	Capacidad que tiene el terreno para evitar que las corrientes eléctricas circulen fácilmente por él.
Sector	Cada una de las secciones que conforman las 12 subáreas en que fue dividido el cantón de Naranjo para este estudio.

Sistema de puesta a tierra	Instalación de bajantes de cobre y varillas o electrodos, para canalizar las descargas de corriente hacia la tierra.
Subárea	Sector o punto de medición en que fue separada toda el área de estudio en este proyecto.
Telurómetro	Equipo electrónico que es utilizado para realizar las lecturas de resistencia y resistividad. Este trabaja con electrodos y con descargas de voltaje y corriente.
Transformador	Máquina eléctrica que transforma un voltaje mayor en un voltaje menor para el consumo de los abonados del ICE y de otras empresas que suministren este servicio.
Varilla para tierra	Varilla de hierro bañada en cobre, que se instala a tres metros de profundidad en la tierra, para canalizar las sobre corrientes y las descargas atmosféricas hacia la tierra.

LISTADO DE NOMENCLATURAS

AEMC	Empresa especializada en el ramo de la resistencia y resistividad del terreno.
Aresep	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global). Equipo electrónico capaz de indicar el posicionamiento global de las personas y cosa, por medio de la señal de varios satélites.
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad.
Ω	Símbolo para representar los ohmios.
Ω/cm	Símbolo que representa los ohmios por centímetro.