

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA
ACTUALMENTE EXISTENTES EN LA SEDE CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**CAMILO ANDRÉS ALVARADO BAYONA
PAULINA ESTHER MANTILLA MACIAS
DIEGO ALEJANDRO VERA MARTÍNEZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2012**

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA
ACTUALMENTE EXISTENTES EN LA SEDE CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**CAMILO ANDRÉS ALVARADO BAYONA
PAULINA ESTHER MANTILLA MACIAS
DIEGO ALEJANDRO VERA MARTÍNEZ**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electricista**

Director
CIRO JURADO JEREZ

Codirector
RICARDO RAMÍREZ MEDINA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2012**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Jaime Gutiérrez, Ingeniero Electricista, E.S.S.A

Nelson Reynaldo Santamaría Forero, Ingeniero Electricista, Independiente.

Ciro Jurado Jerez, Ingeniero Electricista, Director del proyecto, Docente Universidad Industrial de Santander.

Ricardo Ramírez Medina, Ingeniero Electricista, Codirector del proyecto, E.S.S.A

Javier Eslava, Ingeniero Electricista, División de planta física Universidad Industrial de Santander

Rafael Arizmendi Webber, ingeniero Electricista, docente Universidad Industrial de Santander.

Mónica Isabel Bruges Meléndez, Profesional en Comercio Exterior, Independiente.

Nydia Carolina Báez Gayón, Ingeniera Electricista, Independiente.

Néstor Alfonso Rivera, Ingeniero Electricista, Servicios en ingeniería

Jairo Salinas, Técnico Electricista, Servicios en ingeniería.

Pedro Henry Vera Carreño, Técnico Electricista, Independiente.

Porque de una u otra manera colaboraron para el desarrollo y cumplimiento de este proyecto

DEDICO ESTE PROYECTO A...

Dios todopoderoso quien hace posible este logro, que me acompaña y me guía en cada paso que doy.

Mis padres, quien con su esfuerzo y sacrificio me han brindado la posibilidad de tener un futuro lleno de trabajo, quienes me regalaron la vida y a quienes espero tener mucho tiempo más a mi lado para poder devolverles todas las atenciones que siempre han tenido conmigo.

Mis hermanos y demás familiares quienes siempre me motivaron a seguir adelante.

A mis amigos y compañeros por permitirme aprender de y junto con ellos.

CAMILO ANDRÉS ALVARADO
BAYONA

DEDICO ESTE PROYECTO

A Dios porque gracias a él, he logrado todo lo que soy en mi vida, a mi padre porque me ha apoyado en todos mis sueños, a mi novio Johann porque en toda mi carrera siempre estuvo a mi lado, a mi tía Claudia que siempre me apoyo, a los profesores que con su paciencia y dedicación me formaron, a Jaime Gutiérrez que sin su ayuda nada hubiese sido posible y a todos mis amigos que soportaron mis rabietas y siempre estuvieron allí para ayudarme.

PAULINA ESTHER MANTILLA MACÍAS

DEDICO ESTE PROYECTO:

A Dios y a la Virgen María Auxiliadora por su apoyo, por brindarme la tenacidad y entereza para sortear cualquier dificultad.

A mi madre Myriam el motor de mi existencia, por su amor, cariño, entrega, dedicación y todas las cualidades que la hacen mi fuerza, fortaleza y la razón de vivir.

A mi padre Pedro que con su ejemplo y sabios consejos siempre tuvo una voz de aliento para ofrecerme.

A mis hermanos Pedro Julián, Sergio Mauricio y a mi sobrina Dana Valentina, quienes son la motivación de perseguir y culminar mis logros.

A mi familia por su cariño y comprensión, en especial a mi abuela Leonor y mis tíos Víctor y Martha ,quienes a pesar de la distancia siempre estuvieron presente en mi corazón.

A mis compañeros de proyecto Camilo y Paulina, por su esmero y dedicación, por brindarme su amistad.

A todos los profesores y miembros de la comunidad universitaria por sus enseñanzas durante toda mi carrera.

A William, Álvaro, Nelson, Dirney, Daniel, Fabio, Diego, Jessika y a todos mis amigos y compañeros quienes significan mucho en esta etapa de mi vida.

DIEGO ALEJANDRO VERA MARTÍNEZ.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	27
1 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO	29
1.1 <i>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</i>	29
1.2 <i>JUSTIFICACIÓN</i>	31
1.3 <i>OBJETIVOS</i>	32
1.3.1 Objetivo general	32
1.3.2 Objetivos específicos	32
2 MARCO TEÓRICO	33
2.1 <i>DEFINICIONES RELACIONADAS CON PUESTAS A TIERRA</i>	33
2.2 <i>SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA (SPT)</i>	52
2.2.1 Definición	52
2.2.2 Objetivos	52
2.2.3 Funciones	52
2.2.4 Requisitos mínimos.....	52
2.2.5 Componentes básicos de un SPT	53
2.3 <i>LO QUE DICE LA NORMATIVA COLOMBIANA ACTUAL (RETIE)</i>	55
Art. 15.1 Diseño del sistema de puesta a tierra.....	56
Art. 15.2 Requisitos generales de las puestas a tierra	56
Art. 15.3 Materiales de los sistemas de puesta a tierra	59
Art. 15.3.1 Electrodo de puesta a tierra	59
Art. 15.3.2 Conductor del electrodo de puesta a tierra o conductor de tierra.....	61
Art. 15.3.3 Conductor de protección o de puesta a tierra de equipos	64
Art. 15.4 Valores de resistencia de puesta a tierra	65
Art. 15.5 Mediciones	66
Art. 15.5.1 Medición de resistividad aparente	66
Art. 15.5.2 Medición de la resistencia de puesta a tierra	67
Art. 15.5.3 Medición de tensiones de paso y de contacto.....	69
Art. 18.3 Componentes del sistema de protección contra rayos.....	70
Art. 18.3.1 Terminales de captación o pararrayos.....	70
Art. 18.3.2 Bajantes.....	71
Art. 18.3.3 Puesta a tierra para protección contra rayos.....	72
2.4 <i>COMO SE VAN A REALIZAR LAS MEDICIONES</i>	72
2.4.1 Medición de puesta a tierra	72
2.4.1.1 Método de caída de potencial, de los tres puntos o del 62%	72

2.4.1.2	Precauciones en las mediciones y durante ellas.....	74
2.4.2	Medición de equipotencialidad.....	75
2.4.2.1	Método utilizado para la medición de equipotencialidad	75
2.4.3	Tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	76
2.4.3.1	Tensiones de paso, de contacto y diferenciales toleradas por el cuerpo	79
2.4.3.2	Método utilizado para la medición de las tensiones	79
2.4.3.3	Como disminuir el error en las mediciones	81
2.4.4	Conceptos relacionados con las anomalías.....	82
2.4.5	Diagrama distribución de tensiones.....	83
3	INSPECCIÓN DE LOS S.P.T. DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	86
3.1	<i>INGENIERÍA ELÉCTRICA</i>	87
3.1.1	Subestación y puesta a tierra.....	88
3.1.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	90
3.1.3	Medidas de continuidad.....	92
3.1.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	93
3.1.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	97
3.1.6	Recomendaciones y presupuesto.....	104
3.2	<i>INGENIERÍA CIVIL</i>	106
3.2.1	Subestación y puesta a tierra.....	107
3.2.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	109
3.2.3	Medidas de continuidad.....	111
3.2.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	113
3.2.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	117
3.2.6	Recomendaciones y presupuesto.....	125
3.3	<i>INGENIERÍA QUÍMICA</i>	127
3.3.1	Subestación y puesta a tierra.....	128
3.3.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	129
3.3.3	Medidas de continuidad.....	132
3.3.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	133
3.3.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	136
3.3.6	Recomendaciones y presupuesto.....	139
3.4	<i>JORGE BAUTISTA VESGA</i>	140
3.4.1	Subestación y puesta a tierra.....	141
3.4.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	143
3.4.3	Medidas de continuidad.....	145
3.4.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	146
3.4.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	149
3.4.6	Recomendaciones y presupuesto.....	159
3.5	<i>PLANTA DE ACEROS</i>	161
3.5.1	Subestación y puesta a tierra.....	162
3.5.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	163

3.5.3	Medidas de continuidad.....	165
3.5.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	166
3.5.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	169
3.5.6	Recomendaciones y presupuesto.....	176
3.6	<i>CAMILO TORRES</i>	178
3.6.1	Subestación y puesta a tierra.....	179
3.6.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	181
3.6.3	Medidas de continuidad.....	183
3.6.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	185
3.6.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	189
3.6.6	Recomendaciones y presupuesto.....	197
3.7	<i>INGENIERÍA MECÁNICA</i>	199
3.7.1	Subestación y puesta a tierra.....	200
3.7.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	202
3.7.3	Medidas de continuidad.....	205
3.7.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	207
3.7.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	211
3.7.6	Recomendaciones y presupuesto.....	218
3.8	<i>LUIS A. CALVO</i>	220
3.8.1	Subestación y puesta a tierra.....	221
3.8.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	223
3.8.3	Medidas de continuidad.....	225
3.8.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	226
3.8.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	229
3.8.6	Recomendaciones y presupuesto.....	232
3.9	<i>BIBLIOTECA</i>	233
3.9.1	Subestación y puesta a tierra.....	234
3.9.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	236
3.9.3	Medidas de continuidad.....	238
3.9.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	240
3.9.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	243
3.9.6	Recomendaciones y presupuesto.....	251
3.10	<i>CENTIC</i>	253
3.10.1	Subestación y puesta a tierra.....	254
3.10.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	255
3.10.3	Medidas de continuidad.....	257
3.10.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	259
3.10.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	263
3.10.6	Recomendaciones y presupuesto.....	266
3.11	<i>ADMINISTRACIÓN I</i>	267
3.11.1	Subestación y puesta a tierra.....	268

3.11.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	270
3.11.3	Medidas de continuidad.....	273
3.11.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	275
3.11.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	278
3.11.6	Recomendaciones y presupuesto.....	285
3.12	<i>ADMINISTRACION II</i>	287
3.12.1	Subestación y puesta a tierra.....	288
3.12.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	290
3.12.3	Medidas de continuidad.....	292
3.12.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	293
3.12.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	296
3.12.6	Recomendaciones y presupuesto.....	301
3.13	<i>LABORATORIOS DE CARACTERIZACIÓN</i>	302
3.13.1	Subestación y puesta a tierra.....	303
3.13.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	304
3.13.3	Medidas de continuidad.....	306
3.13.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	307
3.13.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	310
3.13.6	Recomendaciones y presupuesto.....	315
3.14	<i>CIENCIAS HUMANAS</i>	316
3.14.1	Subestación y puesta a tierra.....	317
3.14.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	318
3.14.3	Medidas de continuidad.....	320
3.14.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	322
3.14.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	325
3.14.6	Recomendaciones y presupuesto.....	329
3.15	<i>COLISEO</i>	330
3.15.1	Subestación y puesta a tierra.....	331
3.15.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	332
3.15.3	Medidas de continuidad.....	334
3.15.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	335
3.15.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	338
3.15.6	Recomendaciones y presupuesto.....	342
3.16	<i>CENIVAM</i>	343
3.16.1	Subestación y puesta a tierra.....	344
3.16.2	Medida de resistencia de puesta a tierra.....	345
3.16.3	Medidas de continuidad.....	347
3.16.4	Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial.....	348
3.16.5	Reporte de no conformidades del S.P.T.	351
3.16.6	Recomendaciones y presupuesto.....	352
4	PRESUPUESTO GENERAL	353

5	OBSERVACIONES Y CONCLUSION FINAL	354
5.1	<i>OBSERVACIONES</i>	354
5.2	<i>CONCLUSIÓN FINAL</i>	355
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	356
	ANEXOS.....	358

Lista de figuras

Figura 1 Componentes básicos de un SPT.....	53
Figura 2 Partes de un sistema de puesta a tierra según NTC 2050.....	54
Figura 3 Sistemas con puestas a tierra dedicadas e interconectadas.....	58
Figura 4 Una sola puesta a tierra para todas las necesidades.	58
Figura 5 Puestas a tierra separadas o independientes.....	59
Figura 6 Esquema de medición de resistividad aparente.	67
Figura 7 Esquema de medición de puesta a tierra.	68
Figura 8 Medida de resistencia de puesta a tierra por el método de caída de potencial.....	72
Figura 9 Resistencia de puesta a tierra por el método de caída de potencial.	73
Figura 10 Tensiones de paso	78
Figura 11 Tensiones de contacto.....	78
Figura 12 Medición de tensiones de contacto, diferencial y de paso	80
Figura 13 Plano cartesiano de la ubicación de los elementos	84
Figura 14 Interfaz con el usuario	84
Figura 15 Visualización de resultados.....	85
Figura 16 Ubicación de la subestación y puesta a tierra de Ing. Eléctrica.....	88
Figura 17 Detalle puesta a tierra Ing. Eléctrica.....	89
Figura 18 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ing. Eléctrica	91
Figura 19 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Eléctrica.	96
Figura 20 Ubicación subestación y puesta a tierra Ing. Civil.....	107
Figura 21 Detalle puesta a tierra Ing. Civil	108
Figura 22 Perfil de resistencia de puesta a tierra de Ing. Civil.	110
Figura 23 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Civil.....	116
Figura 24 Ubicación subestación y puesta a tierra Ing. Química	128
Figura 25 Detalle puesta a tierra Ing. Química	128
Figura 26 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ing. Química.....	131
Figura 27 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Química.....	135
Figura 28 Ubicación subestación y puesta a tierra Edif. Jorge Bautista Vesga	141
Figura 29 Detalle puesta a tierra Edif. Jorge Bautista Vesga	142
Figura 30 Perfil de resistencia de puesta a tierra Edif. Jorge B. Vesga.....	144

Figura 31 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Jorge B. Vesga.....	148
Figura 32 Ubicación subestación Planta de Aceros	162
Figura 33 Detalle puesta a tierra Planta de Aceros	162
Figura 34 Perfil de resistencia de puesta a tierra Planta de Aceros.....	164
Figura 35 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Planta de Aceros.....	168
Figura 36 Ubicación subestación y puesta a tierra Edif. Camilo Torres	179
Figura 37 Detalle puesta a tierra Edif. Camilo Torres.....	180
Figura 38 Perfil de resistencia de puesta a tierra Edif. Camilo Torres.....	182
Figura 39 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Camilo Torres.....	188
Figura 40 Ubicación subestación y puesta a tierra Ing. Mecánica	200
Figura 41 Detalle puesta a tierra Ing. Mecánica	201
Figura 42 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ing. Mecánica.....	204
Figura 43 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Mecánica.....	209
Figura 44 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Mecánica. Laboratorios	210
Figura 45 Ubicación subestación y puesta a tierra Auditorio Luis A. Calvo.....	221
Figura 46 Detalle puesta a tierra Auditorio Luis A. Calvo.....	222
Figura 47 Perfil de resistencia de puesta a tierra Auditorio Luis A. Calvo.	224
Figura 48 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Auditorio Luis A. Calvo.	228
Figura 49 Ubicación subestación y puesta a tierra Biblioteca	234
Figura 50 Detalle puesta a tierra Biblioteca.....	235
Figura 51 Perfil de resistencia de puesta a tierra Biblioteca.	237
Figura 52 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Biblioteca.	242
Figura 53 Ubicación subestación CENTIC.....	254
Figura 54 Perfil de resistencia de puesta a tierra CENTIC.	256
Figura 55 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENTIC.	262
Figura 56 Ubicación subestación y puesta a tierra Administración I	268
Figura 57 Detalle puesta a tierra Administración I.....	269
Figura 58 Perfil de resistencia de puesta a tierra Administración I.....	272
Figura 59 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración I.....	277
Figura 60 Ubicación subestación y puesta a tierra Administración II.	288
Figura 61 Detalle puesta a tierra Administración II.....	289
Figura 62 Perfil de resistencia de puesta a tierra Administración II.....	291
Figura 63 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración II.....	295
Figura 64 Ubicación subestación y puesta a tierra Lab. De Caracterización.....	303
Figura 65 Detalle puesta a tierra Lab. De Caracterización	303
Figura 66 Perfil de resistencia de puesta a tierra Lab. De Caracterización.	305

Figura 67 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Lab. De Caracterización.	309
Figura 68 Ubicación subestación y puesta a tierra Ciencias Humanas.....	317
Figura 69 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ciencias Humanas.	319
Figura 70 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ciencias Humanas.	324
Figura 71 Ubicación subestación y puesta a tierra Coliseo	331
Figura 72 Detalle puesta a tierra Coliseo	331
Figura 73 Perfil de resistencia de puesta a tierra Coliseo.....	333
Figura 74 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Coliseo.....	337
Figura 75 Ubicación subestación y puesta a tierra CENIVAM	344
Figura 76 Detalle puesta a tierra CENIVAM.....	344
Figura 77 Perfil de resistencia de puesta a tierra CENIVAM.....	346
Figura 78 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENIVAM.	350

Lista de tablas

Tabla 1 Partes de un sistema de puesta a tierra según NTC 2050.....	54
Tabla 2 Requisitos para electrodos de puesta a tierra.....	60
Tabla 3 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.a.	61
Tabla 4 Constantes de materiales.	63
Tabla 5 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos.	64
Tabla 6 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.	66
Tabla 7 Características de los terminales de captación y bajantes.	70
Tabla 8 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N - S) Ing. Eléctrica.	90
Tabla 9 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ing. Eléctrica.	92
Tabla 10 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Eléctrica.	93
Tabla 11 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Ing. Civil.	109
Tabla 12 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ing. Civil.	111
Tabla 13 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Civil.	113
Tabla 14 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Ing. Química.	129
Tabla 15 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N-S) Ing. Química.....	130
Tabla 16 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ing. Química.....	132
Tabla 17 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Química.....	133
Tabla 18 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N-S) Edif. Jorge B. Vesga.....	143
Tabla 19 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Edif. Jorge B. Vesga.....	145
Tabla 20 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Jorge B. Vesga.....	146
Tabla 21 Datos de resistencia de puesta a tierra Planta de Aceros.....	163
Tabla 22 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Planta de Aceros.....	165
Tabla 23 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Planta de Aceros.....	166
Tabla 24 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Edif. Camilo Torres.....	181
Tabla 25 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Edif. Camilo Torres.....	183
Tabla 26 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Camilo Torres.....	185
Tabla 27 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - E) Ing. Mecánica.....	202
Tabla 28 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N - E) Ing. Mecánica.....	203
Tabla 29 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. de Ing. Mecánica.....	205
Tabla 30 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Mecánica.....	207

Tabla 31 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - N) Auditorio Luis A. Calvo.	223
Tabla 32 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Auditorio Luis A. Calvo.	225
Tabla 33 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Auditorio Luis A. Calvo.	226
Tabla 34 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Biblioteca.....	236
Tabla 35 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Biblioteca.	238
Tabla 36 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Biblioteca.	240
Tabla 37 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - N) CENTIC.....	255
Tabla 38 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. CENTIC.	257
Tabla 39 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENTIC.....	259
Tabla 40 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N - S) Administración I.....	270
Tabla 41 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Administración I.....	271
Tabla 42 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Administración I.....	273
Tabla 43 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración I.....	275
Tabla 44 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación O - W) Administración II.....	290
Tabla 45 Resultado de equipotencialidad del S.P.T. Administración II.	292
Tabla 46 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración II.....	293
Tabla 47 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación NO - SW) Lab. Caracterización....	304
Tabla 48 Resultados equipotencialidad del S.P.T. Lab. De Caracterización.	306
Tabla 49 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Lab. De Caracterización.	307
Tabla 50 Datos de resistencia de puesta a tierra Ciencias Humanas.	318
Tabla 51 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ciencias Humanas.	320
Tabla 52 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ciencias Humanas.	322
Tabla 53 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - N) Coliseo.....	332
Tabla 54 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Coliseo.....	334
Tabla 55 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Coliseo.....	335
Tabla 56 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación NO - SW) CENIVAM.....	345
Tabla 57 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. CENIVAM.....	347
Tabla 58 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENIVAM.....	348

Lista de anexos

Anexo 1. Presupuesto remoción de escombros.	359
Anexo 2. Presupuesto instalación de tapas removibles.....	360
Anexo 3. Presupuesto cambio de conexión exotérmica.	361
Anexo 4. Presupuesto cambio de conexión.	362
Anexo 5. Presupuesto instalación de Aisladores portabarras.	363
Anexo 6. Presupuesto equipotencializar.	364
Anexo 7. Presupuesto organizar y distribuir conductores.	365
Anexo 8. Presupuesto cambiar conductores Ing. Eléctrica.....	366
Anexo 9. Presupuesto instalar bajante.....	367
Anexo 10. Presupuesto cambiar conductores Ing. Civil.....	368
Anexo 11. Presupuesto cambiar conductores Ing. Química	369
Anexo 12. Presupuesto cambiar conductores Jorge B. Vesga.	370
Anexo 13. Presupuesto cambiar conductores Planta de Aceros	371
Anexo 14. Presupuesto ordenar conexiones.....	372
Anexo 15. Presupuesto cambiar unión por conector certificado	373
Anexo 16. Presupuesto instalación de barraje	374
Anexo 17. Presupuesto cambiar conductores Camilo Torres	375
Anexo 18. Presupuesto cambiar conductores Ing. Mecánica	376
Anexo 19. Presupuesto equipotencializar.	377
Anexo 20. Presupuesto cambiar conductores Luis A. Calvo.....	378
Anexo 21. Presupuesto cambiar conductores Biblioteca.....	379
Anexo 22. Presupuesto cambiar conductores CENTIC	380
Anexo 23. Presupuesto cambiar conductores Administración I	381
Anexo 24. Presupuesto instalar un segundo conductor bajante Administración I.....	382
Anexo 25. Presupuesto cambiar conductor bajante por calibre adecuado	383
Anexo 26. Presupuesto instalar un segundo conductor Biblioteca.....	384
Anexo 27. Presupuesto cambiar conductores Administración II	385
Anexo 28. Presupuesto cambiar conductores Lab. Caracterización	386
Anexo 29. Presupuesto cambiar conductores Ciencias Humanas.....	387
Anexo 30. Presupuesto cambiar conductores Coliseo	388

Anexo 31.Presupuesto cambiar conductores CENIVAM	389
Anexo 32.Corrientes de corto – circuito suministradas por la ESSA.....	390
Anexo 33. Equipo utilizado para medida de resistencia de puesta a tierra.	391
Anexo 34. Equipo utilizado para medida continuidad.	392
Anexo 35.Equipo utilizado para medida de las tensiones.....	393
Anexo 36.Código del programa distribución de tensiones.	393

RESUMEN

TITULO: DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA ACTUALMENTE EXISTENTES EN LA SEDE CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.*

AUTORES: ALVARADO BAYONA, Camilo Andrés.
MANTILLA MACIAS, Paulina Esther.
VERA MARTINEZ, Diego Alejandro.**

PALABRAS CLAVE: sistema, equipotencial, medida, tensiones de paso, tensiones de contacto, tensiones diferenciales, resistencia de puesta a tierra, inspección.

La importancia del sistema de puesta a tierra dentro de la instalación eléctrica es día a día un tema de mayor relevancia y se estipula en la actual reglamentación (RETIE), por lo que el estado de estos sistemas dentro del campus universitario fue la justificación que se tiene para la realización de este proyecto de investigación.

Inicialmente y como parte del marco teórico se hace una recolección de información en diferentes bases de datos que permita la documentación de manera adecuada con el fin de ahondar en punto como: definiciones claves, funciones, requisitos y componentes de los sistemas de puesta a tierra.

Las mediciones necesarias para poder realizar el diagnostico se encuentra consignado en el desarrollo de la tesis haciendo énfasis en los valores permisibles así como los equipos a utilizar, métodos empleados, posibles fuentes de error y una reseña de la metodología.

El estudio diagnostico se fundamenta en la tipificación de cada una de las subestaciones con su respectiva puesta a tierra, en ella contempla tanto la descripción grafica como explicita con el fin ubicar las posibles anomalías. El recorrido expuesto en el libro abarca mapas, una interventoría tipo RETIE con soporte fotográfico y una narración de los componentes del sistema.

Todos los valores productos de las medidas se encuentran estipulados en este trabajo haciendo énfasis en toda la metodología a seguir (fecha, tipo de orientación, referencia, punto a medir, valor medido y valor calculado) todas las tablas se encuentran claramente referenciadas y se brinda el apoyo visual para entender claramente la distribución de las tensiones que pueden causar efectos nocivos para operarios y transeúntes.

Finalmente se enlistan todas las no conformidades para poder valorizarlas y permitir todo tipo de arreglo, enumerando cada ítem que tendremos en cuenta para nuestro estudio económico tales como: materiales, herramienta, transporte, equipos, diseño entre otros.

*Proyecto de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director Ing. Ciro Jurado Jerez. Codirector Ing. Ricardo Ramírez Medina

ABSTRACT

TITLE: DIAGNOSIS AND REDESIGN OF GROUNDING SYSTEM EXISTING IN THE HEADQUARTERS OF INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER.*

AUTHORS: ALVARADO BAYONA, Camilo Andrés.
MANTILLA MACIAS, Paulina Esther.
VERA MARTINEZ, Diego Alejandro.**

KEYWORDS: System, equipotential, measure, step voltages, touch voltages, differential voltage, grounding resistance, inspection.

The importance of the grounding system within the electrical installation is every day a relevant topic and is set forth in current regulations (RETIE), so that the state of these systems within the university campus was the justification for conducting this research project.

Initially and as part of the theoretical framework performs a collection of information in different databases that allow the documentation properly where we could delve into key point as: key definitions, functions, requirements and components grounding systems.

The measurements necessary to perform the diagnosis is recorded in the development of the thesis with emphasis on the permissible values as well as: equipment to use, methods used, possible sources of mistake and a review of the methodology.

The diagnostic study is based on the definition of each of the substations with their respective ground belonging, which includes both graphic and explicit description to locate any anomalies. The route outlined in the book includes maps, an auditing type RETIE with photographic support and a narrative of the system components.

All values, products of the measures are stipulated in this work, doing emphasis throughout the methodology to continuing (date, type of orientation, target point, Measured value and calculated value) all tables are clearly referenced and provides the visual aid to clearly understand the distribution of stresses that can cause harmful effects to workers and passers.

Finally, we listed all nonconformities in order to appreciate them and allow all type of arrangement listing each item you have in mind for our economic study such as: materials, tools, transportation, equipment, design, inter alia.

*Degree Project

**Faculty of Physic-Mechanical Engineering. Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering School. Director Ing. Ciro Jurado Jerez. Codirector Ing. Ricardo Ramírez Medina.

INTRODUCCIÓN

Como es conocido por todas las personas que se desempeñan en el sector eléctrico, la gran mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser conectados a su sistema de puesta a tierra. Los antecedentes de esta práctica se remiten probablemente al comienzo de los primeros experimentos eléctricos, en ese entonces como ahora la estática se descargaba por medio de una placa que estaba en contacto con la tierra.

Aun cuando la puesta a tierra es una parte importante del sistema eléctrico, este tema permanece apartado de la mayoría de las personas incluso si estas son ingenieros bien calificados.

Según la IEEE la definición de puesta a tierra es: “conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito electrónico o equipo se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensiones relativamente grande que cumple la función de tierra”.

Por sistema de puesta a tierra se hace referencia a toda unión metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación eléctrica y un electrodo o un grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que entre el conjunto de instalaciones o edificios y superficies próximas al terreno no existan diferencias de potencial peligrosas, además, que al mismo tiempo permitan el paso a tierra de las corrientes de falla o de las descargas de origen atmosférico.

En lo referente a la normativa eléctrica colombiana, aplica el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), el cual propone como principales objetivos en estos tipos de sistemas: la seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Para que la puesta a tierra pueda desempeñarse adecuadamente y cumplir con estos objetivos, principalmente el sistema de puesta a tierra debe tener una impedancia baja.

La sede central de la Universidad Industrial de Santander está dotada de instalaciones en las que se suministra una gran potencia, se utilizan equipos sensibles y participa un número considerable de personas, es necesario realizar un estudio que verifique el cumplimiento de la norma y que abarque: los requisitos generales, tipos de materiales utilizados, parámetros bajo los cuales fueron diseñados y metodología de medición de la resistencia de puesta a tierra que arroje un diagnóstico claro del estado que presentan las puestas a tierra.

Por otro lado la norma NTC 4552 da un referente al diseño y pautas que los sistemas de puesta a tierra deben cumplir para garantizar una adecuada captación y envío a tierra de las corrientes producidas por descargas atmosféricas.

1 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Ministerio de Minas y Energía máxima autoridad en materia energética, adoptó varios reglamentos técnicos y normas orientados a garantizar la protección de la vida contra riesgos que puedan provenir de los bienes y servicios relacionados con su sector a cargo, en este caso se hace referencia al sector eléctrico.

El RETIE es uno de ellos y es de carácter obligatorio y su campo de aplicación está dirigido a las instalaciones eléctricas nuevas (considerada como nueva aquella que entró en operación con posterioridad a mayo 1 de 2005), a la ampliación y remodelación de instalaciones eléctricas residenciales, comerciales o industriales.

La NTC 4552 del 26 de Noviembre de 2008 incluye el tema de protección contra rayos en instalaciones eléctricas y su relación con los sistemas de puesta a tierra.

Como es de conocimiento general gran parte de las obras civiles e instalaciones eléctricas de la sede central de la Universidad Industrial de Santander tienen ya un tiempo desde que fueron construidas y por esto mismo ninguna de estas normas aplica sobre ella.

Sin embargo, siendo esta institución un lugar expuesto a continuas remodelaciones, así como la constante actualización de equipos de trabajo que pueden ser sensibles a las variaciones eléctricas se ve la necesidad de realizar un diagnóstico del estado actual de los sistemas de puesta a tierra y verificar si estas garantizan la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente como lo sugiere el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

Por otro lado la falta de una información completa existente acerca de las puestas a tierra, indica el desarrollo de este tipo de levantamiento, en el cual se encuentre toda la información necesaria y actualizada.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Entender el comportamiento de la electricidad y sus aplicaciones hoy en día es de gran importancia, ya que cualquier persona se relaciona de alguna manera con éste fenómeno o interactúa con el mismo sin pensarlo ya sea en su casa o en su trabajo. Puede ser este un motivo para darle prioridad a la seguridad tanto de equipos y de personas así como demás seres vivos.

Es notorio que gran parte de los accidentes relacionados con la electricidad tienen resultados fatales o elevadamente costosos, por lo que ahora se procura que la mayoría de los equipos eléctricos que salen a la venta no tengan los dos terminales clásicas para conectar al tomacorriente, sino que tengan tres, donde esta última es la conexión a tierra, pero de nada sirve tener un artefacto con dichas características si no existe donde conectarlo de una manera correcta, así se tenga el tomacorriente adecuado no es suficiente si el tomacorriente no tiene una buena conexión a tierra, se puede observar entonces el gran interés que tienen en la actualidad los sistemas de puesta a tierra debido a la labor que desempeña como parte de la protección antes mencionada, por lo que es necesario conocer el estado en el que se encuentran, así como la mayor cantidad de parámetros posibles relacionados con ellas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Hacer un diagnóstico del estado actual de los sistemas de puesta a tierra existentes en la Universidad Industrial de Santander y proponer soluciones de adecuación y/o mejoramiento para cumplir con la normatividad vigente (según el RETIE).

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar una inspección visual del estado físico de cada uno de los sistemas de puesta a tierra (desde la puesta a tierra hasta los tableros generales) relacionando las inconformidades o desviaciones que este pueda tener, como lo son: calibre de conductores inadecuados, pares galvánicos, conexiones inadecuadas, barrajes equipotencializados, equipos no equipotencializados, registros o fosos de inspección.
- Realizar la medición de los valores de resistencia de puesta a tierra, las tensiones de paso, de contacto y transferidas de cada sistema, así como la equipotencialización de cada subestación.
- Plasmar la descripción detallada del estado físico y eléctrico de los sistemas.
- Plantear los trabajos a realizar para mejorar los valores de resistencia obtenidos en caso de que no cumplan con la norma.
- Presupuesto de las remodelaciones requeridas.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIONES RELACIONADAS CON PUESTAS A TIERRA

[1] **Absorción:** es la conversión irreversible de energía de una onda electromagnética en otra forma de energía (normalmente calor), como resultado de la interacción con el material que la absorbe.

Accesorio: pieza o parte que cumple una función mecánica.

Accidente: evento no deseado, incluidos los descuidos y las fallas de equipos, que da por resultado la muerte, una lesión personal, un daño a la propiedad o el deterioro ambiental.

Acometida (service): es una derivación de la red de distribución que provee energía eléctrica a un inmueble (incluye conductores y accesorios), que va desde el empalme o punto de unión, hasta los bornes de salida del dispositivo de corte localizado inmediatamente después del medidor.

Acto inseguro: violación de una norma de seguridad ya definida.

Adsorción química: fenómeno por el cual las moléculas o iones de un cuerpo son retenidos en la superficie de otro cuerpo.

Aislamiento: técnica para impedir la propagación de un fenómeno o agente físico (frío, calor, humedad, electricidad, etc.).

Aislante: material que impide la propagación de algún fenómeno o agente físico. El aislante eléctrico es un material de tan baja conductividad eléctrica, que puede ser utilizado como no conductor.

Ambiente electromagnético: la totalidad de los fenómenos electromagnéticos existentes en un sitio dado.

Análisis de riesgos (risk analysis): conjunto de técnicas para definir, clasificar y evaluar los factores de riesgo y la adopción de las medidas para su control.

Apantallamiento (shielding): elementos metálicos que se instalan alrededor de los dispositivos que se desean proteger contra los efectos de una perturbación electromagnética.

Arco eléctrico (electric arc): canal conductivo ocasionado por el paso de una gran carga eléctrica a través de un medio aislante, que produce gas caliente de baja resistencia eléctrica y un haz luminoso.

Bajante (down conductor): elemento conectado eléctricamente entre los pararrayos y la puesta a tierra respectiva, cuya función es conducir las corrientes de rayo que puedan incidir sobre la instalación que se va a proteger y disminuir los efectos del campo magnético en el interior de una instalación.

Barraje equipotencial – BE (ground busbar, ground bar, ground bus or ground block): conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o cable que permite la unión de dos o más conductores y garantiza el mismo potencial.

Bobina de choque (choke coil): elemento acoplador que puede utilizarse para interconectar las puestas a tierra de potencia y de equipo sensible. Reduce las sobrecorrientes conducidas hacia la zona o equipo que se desea proteger.

Cable apantallado: cable con una envoltura conductora que permite controlar fenómenos electromagnéticos inducidos. Es lo mismo que cable blindado.

Calidad: la totalidad de las características de un ente que le confiere la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas. Es un conjunto de cualidades o atributos, como disponibilidad, precio, confiabilidad, durabilidad, seguridad, continuidad, consistencia, respaldo y percepción.

Calidad de energía eléctrica: grado de conformidad de las señales electromagnéticas, en un tiempo dado y en un nodo o punto definido, para cumplir con las necesidades de los usuarios, dentro del marco regulatorio del país.

Capacidad nominal: conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas por el diseñador a un equipo eléctrico, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.

Carga (load): potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

Carga lineal (linear load): aquella en donde la forma de onda de la corriente en estado estable sigue la forma de onda de la tensión aplicada.

Carga no lineal (nonlinear load): aquella en donde la forma de onda de la corriente en estado estable, no sigue la forma de onda de la tensión aplicada.

Carga crítica (critical load): aquella que requiere ser alimentada por fuentes de gran calidad, confiabilidad y eficiencia, para evitar graves perjuicios económicos si funciona mal.

Cerca eléctrica: barrera para propósitos de control de animales, que forma un circuito de uno o varios conductores sostenidos con aisladores, a una altura apropiada, de tal forma que los animales y las personas no reciban descargas peligrosas.

Circuito eléctrico: lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos.

Circuito dedicado: aquel que tiene el conductor del neutro exclusivo y tiene uno o más dispositivos conectados a éste, además posee un conductor de puesta a tierra de equipo que puede o no ser compartido.

Circuito en modo común: lazo cerrado de corriente formado por conductores activos y conductores del sistema de puesta a tierra. Incluyen el cable, el equipo y las partes cercanas del sistema de puesta a tierra.

Circuito en modo diferencial: lazo cerrado de corriente formado por conductores activos únicamente. Incluyen el cable y el equipo conectado en ambos extremos. NOTA: Términos semejantes: modo normal, en serie o transverso.

Coefficiente de defecto a tierra o factor de falla a tierra: relación entre el valor máximo eficaz de tensión fase neutro de una fase nominal afectada durante una falla y el valor de tensión.

Compatibilidad (compatibility): capacidad de varios sistemas o mecanismos para coexistir en armonía.

Compatibilidad electromagnética (electromagnetic compatibility - EMC): capacidad de un equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético, sin dejarse afectar ni afectar a otros equipos por energía electromagnética radiada o conducida.

Conductividad eléctrica: poder conductor específico de una sustancia. Es el recíproco o inverso de la resistividad. Su unidad es el siemens.

Conductor activo: aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

Conductor de puesta a tierra de equipo o tierra de protección (grounding equipment conductor or protective conductor): conductor usado para conectar partes metálicas que no conducen corriente, como canalizaciones y gabinetes, con el punto neutro o con el conductor de puesta a tierra.

Conductor del electrodo de puesta a tierra (grounding electrode conductor or protective conductor): conductor que es intencionalmente conectado a una

puesta a tierra, desde el punto neutro, bien sólidamente o a través de una impedancia limitadora de corriente.

Conductor energizado: todo elemento de una instalación eléctrica que no esté conectado a tierra.

Conector: dispositivo que une dos o más conductores con el objeto de suministrar un camino eléctrico continuo.

Conector de puesta a tierra (connection grounding terminal or ground clamp): conexión especialmente diseñada, para asegurar dos o más componentes de un sistema de puesta a tierra, como soldadura exotérmica, lengüeta certificada, conductor a presión o de cuña certificados, o abrazadera certificada.

Conexión equipotencial (equipotencial bonding): conexión eléctrica entre dos o más puntos, de tal forma, que ante el paso de una corriente quedan esencialmente al mismo potencial.

Confiabilidad (reliability): capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempos dados. Es fiabilidad.

Conformidad: cumplimiento de un producto, proceso o servicio frente a uno o varios requisitos o prescripciones.

Contacto directo: contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

Contacto eléctrico: acción de unión de dos elementos, con el fin de cerrar un circuito. Puede ser de frotamiento, de rodillo, líquido o de presión.

Contacto indirecto: contacto de personas o animales con elementos puestos accidentalmente bajo tensión o el contacto con cualquier parte activa a través de un medio conductor.

Conversión de modo común: proceso por el cual se genera una tensión de modo diferencial en respuesta a una tensión de modo común.

Corriente de falla a tierra: aquella que se presenta durante una falla y que fluye por el SPT.

Corriente de fuga (leakage current): corriente que circula en caminos no deseados, durante operación normal.

Corrientes espurias (stray current o spurious or telluric currents): aquellas que circulan en el terreno y en las puestas a tierra por algún defecto.

Corrosión: ataque a una materia y destrucción progresiva de la misma, mediante una acción química, electroquímica o bacteriana.

Cortocircuito (short circuit): fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.

Degradación: desviación indeseable en las características de funcionalidad, de algún dispositivo, equipo o sistema respecto a sus características consideradas como normales.

Disponibilidad (availability): probabilidad de que un equipo sea operable (disponibilidad para su uso) a lo largo de un tiempo dado.

Dispositivo (device): elemento de un sistema eléctrico, destinado a transportar la energía eléctrica, pero no a utilizarla.

Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias – DPS (Surge protective device): dispositivo para protección de equipos eléctricos, el cual limita el nivel de la sobretensión, mediante la absorción de la mayor parte de la energía transitoria, minimizando la transmitida a los equipos y reflejando la otra parte hacia la red. No es correcto llamarlos pararrayos.

Doble aislamiento: aislamiento que comprende a la vez un aislamiento funcional y un aislamiento suplementario.

Electricidad: forma de energía llamada energía eléctrica o el conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos. Es el producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio. El suministro de electricidad al usuario debe entenderse como un servicio de transporte de energía con uso intensivo de bienes.

Electricidad estática: forma de energía eléctrica o el estudio de cargas eléctricas en reposo.

Electrocución: paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano.

Electrodo de puesta a tierra (grounding electrode): conductor o grupo de ellos en contacto con el suelo, para proporcionar una conexión eléctrica con el terreno. Puede ser una varilla, un tubo, una placa o un cable, resistentes a la humedad y a la acción química del terreno.

Elevación del potencial de tierra – GPR (ground potential rise): máxima elevación del potencial de una puesta a tierra respecto a una puesta a tierra remota, cuando fluye a través de ella una corriente desde o hacia el terreno.

Equipo (equipment): término general que incluye los materiales, accesorios, dispositivos, artefactos, utensilios, herrajes y similares, utilizados como parte de una instalación eléctrica, excepto alambre y cables.

Equipotencialidad (equipotentiality): estado real de interconexión eléctrica entre partes conductivas determinado por mediciones.

Equipotencialización: concepto que debe ser aplicado ampliamente en sistemas de puesta a tierra. Indica que todos los puntos deben estar aproximadamente al mismo potencial.

Equipotencializar (bonding): práctica o acción de conectar partes conductivas de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados.

Factor K: relación entre las pérdidas de un transformador debidas a una corriente no sinusoidal y las pérdidas debidas a una corriente sinusoidal de la misma magnitud.

Falla (fault): degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida.

Falla a tierra: conexión conductiva, bien sea intencional o accidental, entre cualquiera de los conductores activos de un sistema eléctrico y la tierra o los materiales conductivos que estén puestos a tierra.

Fase (phase or line): designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

Fuente de energía: todo equipo o sistema que suministre energía eléctrica.

Halo: conductor perimetral de puesta a tierra.

Interconectado electrónicamente: unidad que, para completar un sistema o efectuar una operación, debe conectarse a través de un canal de señales.

Impedancia de transferencia: relación de la tensión acoplada en un circuito a la corriente que se presenta en otro circuito o en una parte de este.

Impedancia limitadora: resistencia o reactancia de potencia, dimensionada adecuadamente para conectar el punto neutro del transformador (o generador) y el punto de puesta a tierra. Su función es proteger el equipo y la instalación, al limitar la corriente de cortocircuito.

Impedancia total del cuerpo humano: impedancia entre dos electrodos en contacto con dos partes del cuerpo humano, sin tener en cuenta las impedancias de la piel.

Impericia: falta de habilidad para desarrollar una tarea.

Inmunidad (immunity): capacidad de un equipo o sistema para funcionar correctamente sin degradarse ante la presencia de una perturbación electromagnética.

Instalación eléctrica (electrical installation): conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Interfaz (interface): límite entre dos sistemas independientes o entre dos partes de un mismo sistema, con el propósito de asegurar la compatibilidad.

Interferencia electromagnética (electromagnetic interference): degradación funcional o física en las características de un dispositivo, equipo o sistema; causadas por la perturbación electromagnética.

Interruptor de fallas a tierra (ground fault circuit interrupter - GFCI or residual current operated circuit breakers - RCCBs): dispositivo diseñado para la protección de personas, que funciona desconectando una parte de un circuito por un tiempo establecido, cuando una corriente a tierra excede algún valor predeterminado.

Lazo de tierra (ground loop): trayectoria formada por dos o más equipos interconectados a un mismo sistema de puesta a tierra, con probabilidad de causar interferencia, cuando dos o más puntos que deberían estar al potencial de tierra, no lo están.

Longitud de onda (wavelength): distancia entre puntos de la misma fase en dos ciclos consecutivos, para una onda periódica.

Lugar (clasificado) peligroso: zona donde están o pueden estar presentes gases o vapores inflamables, polvos combustibles o partículas volátiles de fácil inflamación.

Magnitud (quantity): cualidad de un cuerpo o de un fenómeno a la cual puede asignársele un valor por comparación con la unidad de medida. Propiedad física que puede ser medida.

Malla de alta frecuencia (signal reference grid): conductores en forma de retícula que se instalan bajo el piso de centros de cómputo, para disipar señales de alta frecuencia y evitar interferencias electromagnéticas.

Mantenimiento: conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

Masa (ground, mass or chassis): conjunto de partes metálicas de un equipo, que en condiciones normales, están aisladas de las partes activas y se toma como referencia para las señales y tensiones de un circuito electrónico. Las masas pueden estar o no conectadas a tierra.

Método (method): procedimiento ordenado o técnica para realizar un análisis, un estudio o una actividad. Modo de decir o hacer con orden una cosa.

Método electrogeométrico: procedimiento que permite establecer el volumen de cubrimiento de protección contra rayos de una estructura para una corriente dada, según la ubicación y altura del pararrayos.

Mineral: sólido homogéneo formado por procesos naturales con una composición química definida y una disposición atómica ordenada. Normalmente se forma mediante un proceso inorgánico.

Modelo: esquema conceptual susceptible de un procedimiento matemático que permite simular la evolución de variables y propiedades de un sistema, durante el desarrollo de un fenómeno físico o químico. Réplica a pequeña escala de un sistema.

Neutro (neutral or grounded service conductor): conector activo conectado al punto neutro.

Nivel ceraunio o ceraunico: número de días al año, en que por lo menos se oye un trueno. El término viene de la raíz griega “queraunós” que en inglés se traduce como ceraunic y en francés céraunien. En castellano la traducción más correcta es ceraunio, que es la adjetivación del verbo griego, sin tilde ni acento por tener dos vocales largas y escrito con C. También es válido decir ceraunico. No se debe escribir ceráuneo, porque se estaría refiriendo a quien produce la acción.

Nivel de riesgo: valoración conjunta de la probabilidad de la ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

Nodo (node): parte de un circuito en el cual dos o más elementos tienen una conexión común.

Nominal: término aplicado a una característica de operación, indica los límites de diseño de esa característica para los cuales presenta las mejores condiciones de operación. Los límites siempre están asociados a una norma técnica.

Pararrayos o terminal de captación o dispositivo de intercepción de rayos (air terminal): elemento metálico resistente a la corrosión, cuya función es interceptar los rayos que podrían impactar directamente sobre la instalación que se va a proteger. Debe ser ubicado de tal manera que intercepte el rayo y defina un volumen de protección.

Persona calificada (skilled person): quien en virtud de certificados expedidos por entidades competentes o títulos académicos acredita su formación profesional en electrotecnia. Además, posee experiencia y un adecuado conocimiento del diseño, la instalación, la construcción, la operación o el mantenimiento de los equipos eléctricos y de los riesgos asociados.

Perturbación electromagnética (electromagnetic disturbance): cualquier fenómeno electromagnético que puede degradar las características de desempeño de un equipo o sistema.

Poner a tierra (to earth or to ground): realizar una conexión eléctrica entre un nodo de una instalación eléctrica y el suelo o terreno.

Profundidad de penetración: en los métodos de prospección geohelétrica se toma como la profundidad a la cual la densidad de corriente se reduce a aproximadamente $1/3$ ($1/e$ exactamente) de su valor en superficie. Aplica tanto para corriente continua como para corriente alterna.

Puente de conexión equipotencial (bonding jumper): conductor confiable que asegura la conductividad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar eléctricamente conectadas entre sí.

Puerto (port): punto de interfaz entre un equipo y su ambiente electromagnético.

Puesta a neutro o sistema TN-C: sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos, que consiste en unir las carcasas de los equipos al neutro, de tal forma que los defectos de aislamiento, se transformen en cortocircuitos entre fase y neutro. Ya no se utiliza.

Puesta a tierra (PT) (grounding or earthing or earth termination system): grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes

eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

Puesta a tierra antiestática: subsistema de puesta a tierra diseñado y construido para drenar hacia el terreno las cargas originadas en fenómenos de electricidad estática, por su gran riesgo de producir incendios o daños en equipos electrónicos.

Puesta a tierra de protección contra rayos: subsistema de puesta a tierra que debe garantizar la dispersión y disipación en el terreno de las corrientes provenientes de las descargas eléctricas atmosféricas directas sobre la instalación considerada.

Puesta a tierra permanente o funcional: asociada al sistema eléctrico de alimentación o circuito normal de trabajo; sirve tanto para condiciones de funcionamiento normal, como de falla. Pueden ser de subestación, de comunicaciones, de estática, de equipo sensible, de terminales de captación o requerida por las disposiciones de los fabricantes de equipo electrónico.

Puesta a tierra temporal (earthing for worker temporary or protective grounding): dispositivo de puesta a tierra y en cortocircuito, para protección del personal que interviene en redes desenergizadas. Se debe considerar como un SPT.

Puesto a tierra (grounded): equipo o parte de una instalación eléctrica (neutro, centro de estrella de transformadores o generadores, carcasas, incluso una fase para sistemas en delta, etc.), que posee una conexión intencional o accidental con una puesta a tierra.

Pulso (impulse): variación súbita ($<1\text{ms}$) de corta duración de una magnitud física, seguida de un rápido retorno a su valor inicial.

Punto neutro (neutral point): nodo o punto común de un sistema trifásico o el punto medio para un sistema monofásico. Puede estar o no conectado a tierra.

Rayo (lightning): la descarga eléctrica atmosférica o más comúnmente conocida como rayo, es un fenómeno físico que se caracteriza por una transferencia de carga eléctrica de una nube hacia la tierra, de la tierra hacia la nube, entre dos nubes, en el interior de una nube o de la nube hacia la ionosfera.

Receptor: todo equipo o máquina que utiliza la electricidad para un fin particular.

Red equipotencial (equipotential bonding network): conjunto de conductores del sistema de puesta a tierra que no están en contacto con el suelo o terreno, que conectan sistemas eléctricos, equipos o instalaciones con la puesta a tierra.

Régimen de neutro (neutral point treatment): Modo de conexión del punto neutro con la tierra.

Resistencia de puesta a tierra o resistencia de dispersión (earth resistance): relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir, respecto a una tierra remota y la corriente que fluye entre estos puntos.

Resistividad (resistivity): relación entre la diferencia de potencial en un material y la densidad de corriente que resulta en el mismo. Es la resistencia específica de una sustancia. Numéricamente es la resistencia ofrecida por un cubo de 1m x 1m x 1m, medida entre dos caras opuestas. Se da en ohmio metro ($\Omega \cdot m$).

Riesgo (risk): condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional. Posibilidad de consecuencias nocivas, vinculadas a exposiciones reales o potenciales a una forma de energía.

Riesgo de electrocución: posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través de un ser vivo.

Seguridad (safety): estado o condición de riesgo aceptable. Actitud mental de las personas.

Sistema (system): conjunto de componentes interrelacionados e interactuantes para llevar a cabo una misión conjunta. Admite ciertos elementos de entrada y produce ciertos elementos de salida de un proceso organizado.

Sistema de protección externo - SPE (external lightning protection system): conjunto comprendido por los pararrayos o terminales de captación, las bajantes, la puesta a tierra de protección contra rayos, conectores, herrajes y otros, cuya función es captar los rayos y llevarlos a tierra en forma segura.

Sistema de protección interno - SPI (internal lightning protection system): conjunto de dispositivos y técnicas para limitar y controlar las sobretensiones transitorias que se pueden presentar en el interior de una instalación.

Sistema de puesta a tierra - SPT (grounding system): conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin dispositivos de interrupción, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial.

Sistema derivado independiente (separately derived system): sistema de cableado, cuya fuente de potencia proviene de una batería, un sistema solar fotovoltaico, un generador o transformador con devanados; que no tiene conexión eléctrica directa, incluyendo el neutro, con los conductores que originan la alimentación eléctrica en otro sistema.

Sistema flotante o red con neutro aislado (isolated neutral system): tradicionalmente se ha llamado neutro flotante, al sistema de potencia que emplea sólo el cableado de las fases, bien sea en delta o en estrella. Fue muy utilizado en procesos industriales continuos, pero con serios problemas para la seguridad de las personas y los equipos.

Sistema ininterrumpido de potencia (UPS): sistema que provee energía a cargas críticas. Normalmente no debe salir de servicio ninguno de los equipos que alimenta.

Sistema integral de protección contra rayos - SIPRA (lightning protection system): sistema con el que se puede alcanzar un alto grado de seguridad para las personas y confiabilidad para los equipos, mediante la combinación de varios subsistemas como la protección externa, la protección interna y las acciones preventivas respecto a las personas.

Sobretensión (overvoltage): tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

Sólidamente puesto a tierra (grounded solidly): sistema de conexión a una puesta a tierra, sin más resistencia que la del cable, es decir, sin resistencias ni inductancias, donde las tensiones en las fases no sobrepasan de 1,4 veces la nominal.

Suelo o terreno (soil): capa de productos de meteorización, llena de vida, que se encuentra en el límite entre la roca inerte de la corteza y la atmósfera.

Suelo artificial (artificial soil): compuesto preparado industrialmente, de baja resistividad, para potenciar la conductividad de un electrodo enterrado.

Supresión (suppression): reducción o eliminación de emisiones indeseables por técnicas tales como: absorción, equipotencialización metálica, filtrado, conexiones de puesta a tierra, apantallamientos o alguna combinación de las anteriores.

Susceptibilidad (susceptibility): incapacidad de un dispositivo, equipo o sistema para operar sin degradarse en presencia de una perturbación electromagnética.

Telecomunicación: toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

Telurómetro (tellurohm or earth tester): equipo diseñado para medición de resistividad y resistencia de sistemas de puesta a tierra. Sus principales

características son: frecuencia, alarma, detección de corrientes espurias, escala y margen de error.

Tensión (potential difference): diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es un voltio. En castellano no es correcto hablar de “voltaje” y en inglés está siendo remplazado por el término “potential difference” (como aparece en el NEC-2005).

Tensión a tierra: para circuitos puestos a tierra, la tensión entre un conductor dado y el conductor del circuito puesto a tierra o a la puesta a tierra. Para circuitos no puestos a tierra, la mayor tensión entre un circuito conductor dado y algún otro conductor del circuito.

Tensión de contacto (touch voltage): diferencia de potencial que, durante una falla, se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

Tensión de paso (step voltage): diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por un paso (aproximadamente un metro), en la dirección del gradiente de tensión máximo.

Tensión en modo diferencial: diferencia de potencial entre dos puntos específicos de dos conductores activos.

Tensión nominal (nominal voltage): valor convencional de la tensión con el cual se designa un sistema, instalación o equipo para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases.

Tensión transferida: caso especial de tensión de contacto, donde un potencial es conducido hasta un punto remoto respecto a la subestación o a una puesta a tierra.

Tiempo de despeje de falla: tiempo que transcurre desde el inicio de una falla, hasta el momento en que se despeje por medio de un dispositivo de desconexión accionado por un dispositivo de protección. Comprende tiempos de despeje, comparación, decisión y acción.

Tierra (earth, ground): masa conductiva de la tierra con potencial cero. Para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con la tierra. En temas eléctricos se asocia al suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término “masa” sólo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los autos.

Tierra aislada (insulated equipment grounding conductor): conductor de tierra de equipos electrónicos, aislado, que recorre las mismas conducciones o canalizaciones que los conductores de alimentación.

Tierra de protección (protective conductor): conjunto de conductores puestos a tierra, en cables, tomacorrientes y clavijas que se acoplan a un equipo, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.

Tierra de referencia o terminal común de circuitos: barraje interno de los equipos electrónicos, que fija el potencial de referencia cero para sus circuitos internos. También se conoce como tierra lógica.

Tierra redundante: término aplicado a la conexión especial de conductores de puesta a tierra de equipos, que va a tomacorrientes y equipo eléctrico fijo en áreas de cuidado crítico, interconectado a la tubería metálica y el conductor aislado de tierra, para asegurar la protección de los pacientes contra las corrientes de fuga.

Tierra remota (earth remote): puesta a tierra lejana, respecto a la puesta a tierra considerada, para la cual se asume que su potencial es cero y que no causa interferencia.

Tomacorrientes con polo a tierra (isolated receptable): son aquellos con una tercera clavija que hace el primer contacto eléctrico al conectar el equipo. Algunos vienen con la tierra unida a la caja y otros con la tierra aislada (para equipos sensibles).

Transformador de aislamiento: se aplica a los transformadores empleados para interrumpir la continuidad galvánica en el circuito de una señal.

Transitorio: designa un fenómeno o una magnitud que varía entre dos estados consecutivos durante un intervalo de tiempo corto comparado con la escala de tiempo de interés. Se dividen en transitorios de impulso y oscilatorios.

Umbral (threshold): nivel de una señal o concentración de un contaminante, comúnmente aceptado como de no daño al ser humano.

Umbral de percepción (threshold of perception): valor mínimo de corriente a partir del cual es percibida por el 99,5% de los seres humanos.

Umbral de soltar o corriente límite (let go threshold): es el valor máximo de corriente que permite la separación voluntaria de un 99,5 % de las personas, cuando sujetando un electrodo bajo tensión con las manos, conservan la posibilidad de soltarlo, mediante la utilización de los mismos músculos que están siendo estimulados por la corriente.

Zonificación: es el método por el cual se determinan unos volúmenes de una instalación en donde se deben cumplir las mismas condiciones electromagnéticas para los dispositivos, equipos o sistemas y define los puntos de equipotencialización en las fronteras de la zona.

2.2 SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA (SPT)

2.2.1 Definición

Un sistema de puesta a tierra comprende toda la conexión metálica directa, sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con el objetivo de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falla o de las descargas de origen atmosférico. ([7] p.51)

2.2.2 Objetivos

- Asegurar que una persona en la vecindad de las instalaciones de la puesta a tierra no quede expuesta al peligro de un choque eléctrico crítico.
- Protección de las instalaciones.
- Compatibilidad electromagnética. ([1] p.32)

2.2.3 Funciones

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad.
- Eliminar ruidos eléctricos.
- Servir como conductor de retorno en algunos casos.
- Transmitir señales de radio frecuencia en onda media. ([1] p. 32)

2.2.4 Requisitos mínimos

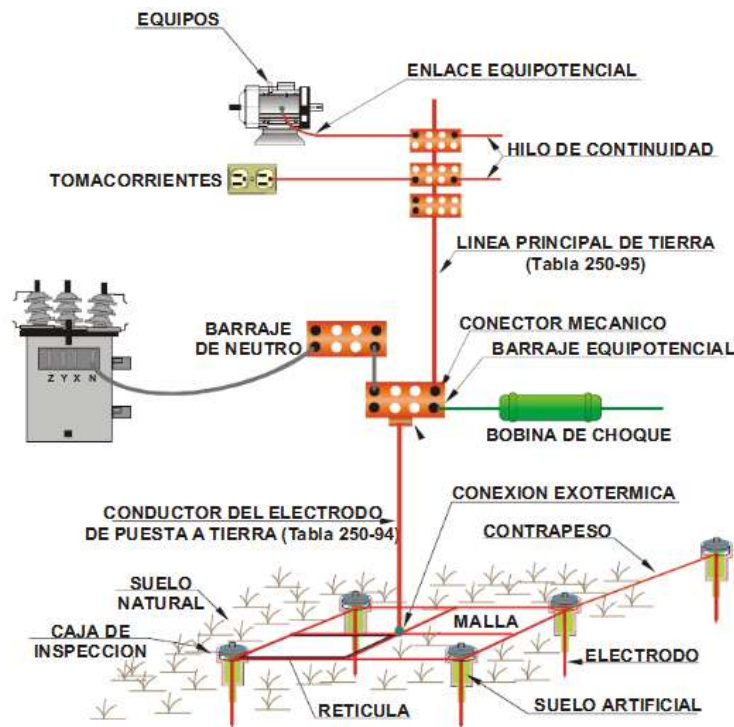
- El valor de la resistencia debe ser el adecuado para cada tipo de instalación.

- La variación de la resistencia debida a cambios ambientales debe ser mínima.
- Su vida útil debe ser mayor a 20 años.
- Debe ser resistente a la corrosión.
- Su costo debe ser el más bajo posible, sin que se comprometa la seguridad.
- Debe permitir su mantenimiento periódico.
- Debe cumplir los requerimientos de las normas y especificaciones. ([1] p.33)

2.2.5 Componentes básicos de un SPT

En la figura 1 se esquematizan las partes básicas que comprenden un SPT, entre las cuales se pueden apreciar dos grandes bloques: la puesta a tierra (bajo el nivel del terreno) y los cableados o red equipotencial (sobre el nivel del terreno). ([1] p.34)

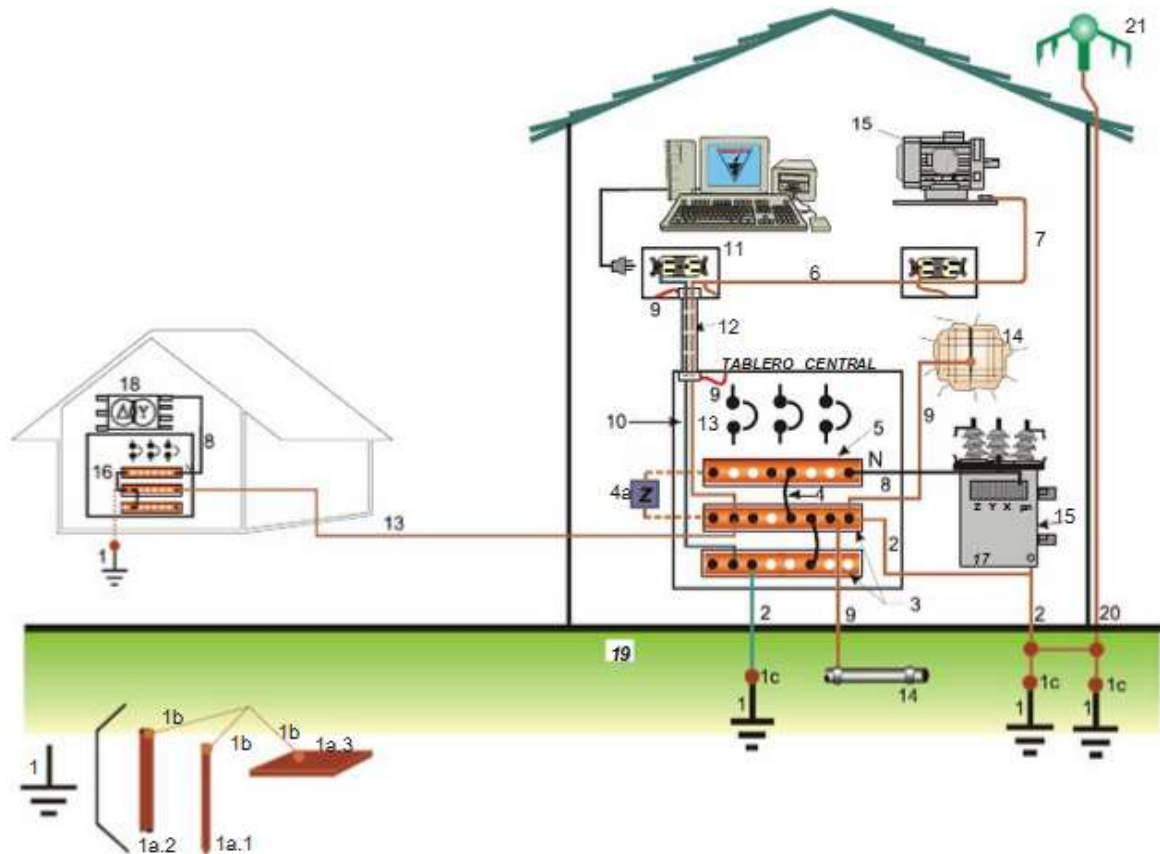
Figura 1 Componentes básicos de un SPT.



FUENTE: TIERRAS Soporte de la seguridad eléctrica, 3ª Edición.

A continuación se enlistarán las partes que componen un sistema de puesta a tierra según la interpretación que hace el código eléctrico colombiano en su sección 250. ([1] pp.134-135)

Figura 2 Partes de un sistema de puesta a tierra según NTC 2050.



FUENTE: TIERRAS Soporte de la seguridad eléctrica, 3ª Edición.

Tabla 1 Partes de un sistema de puesta a tierra según NTC 2050.

ÍTEM	GROUNDING SYSTEM	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
1	Grounding	Puesta a tierra
1a	Grounding electrode	Electrodo de puesta a tierra
1a.1	Ground rod	Varilla de puesta a tierra
1a.2	Ground pipe	Tubo de puesta a tierra
1a.3	Ground plate	Placa de puesta a tierra
1b	Grounding conductors	Conductores de puesta a tierra
1c	Grounding connection	Conexión de puesta a tierra
2	Grounding electrode conductor	Conductor del electrodo de puesta a tierra
3	Ground bus	Barraje equipotencial de tierra
4	Main bonding jumper	Puente equipotencial principal

4a	Impedance grounding	Impedancia limitadora
5	Neutral bus	Barraje de neutro
6	Equipment grounding conductor	Canalización metálica admitida como conductor de puesta a tierra
7	Equipment grounding conductor	Conductor de tierra de protección
8	Grounded service conductor	Neutro
9	Bonding jumper	Conexión equipotencial
10	Insulated equipment grounding conductor	Conductor aislado de puesta a tierra de equipos
11	Isolated ground receptacle	Tomacorriente con polo a tierra aislado
12	Metal raceway (grounding conductor)	Canalización metálica admitida como conductor de puesta a tierra
13	Equipment grounding conductor	Conductor principal de puesta a tierra de equipos
14	Building Steel	Estructuras metálicas del edificio
15	Non-current carrying metal parts	Masa (partes metálicas no portadoras de corriente)
16	Insulated bus bar	Barraje aislado (de neutro o tierra)
17	Feeder	Transformador o sistema de alimentación
18	Building supplied from a common service	Cargas alimentadas desde una acometida común
19	Earth or ground	Suelo o tierra
20	Down conductor	Bajante de pararrayos
21	Air terminal	Pararrayos

FUENTE: TIERRAS Soporte de la seguridad eléctrica, 3ª Edición.

2.3 LO QUE DICE LA NORMATIVA COLOMBIANA ACTUAL (RETIE)

[7] La normatividad colombiana establece entre otras cosas que toda instalación eléctrica debe disponer de un sistema de puesta a tierra, de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales del cuerpo humano cuando se presente una falla.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- a. Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- b. Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- c. Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- d. Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- e. Transmitir señales de RF en onda media y larga.

- f. Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Art. 15.1 Diseño del sistema de puesta a tierra

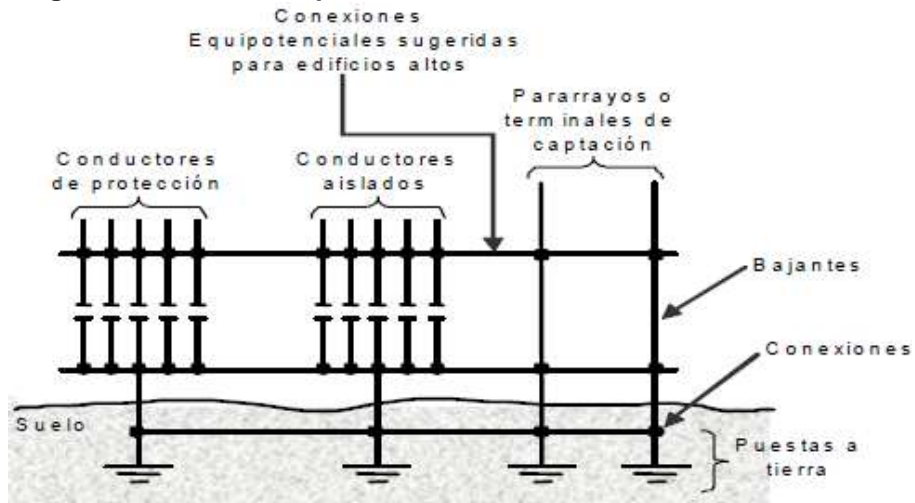
- a. Investigar las características del suelo, especialmente la resistividad.
- b. Determinar la corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el operador de red en media y alta tensión para cada caso particular.
- c. Determinar el tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de simulación (según criterio nuestro también para una adecuada coordinación de protecciones y selección de equipos).
- d. Investigar el tipo de carga.
- e. Cálculo preliminar de la resistencia de puesta a tierra.
- f. Cálculo de tensiones de paso, contacto y transferidas calculadas con respecto a la soportabilidad del ser humano.
- g. Investigar las posibles tensiones transferidas al exterior, debidas a tuberías, mallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización, además del estudio de mitigación.
- h. Ajustar y corregir el diseño inicial hasta que se cumplan los requerimientos de seguridad.
- i. Presentar un diseño definitivo.

Art. 15.2 Requisitos generales de las puestas a tierra

- a. Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas, no podrán ser incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra. Este requisito no excluye el hecho de que se deben conectar a tierra, en algunos casos.

- b. Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.
- c. Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puestas a tierra, deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo y demás condiciones de uso conforme a la guía norma IEEE 837 o la norma NTC 2206.
- d. Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial, se deben dejar puntos de conexión y medición accesibles e inspeccionables al momento de la medición. Cuando para este efecto se construyan cajas de inspección, sus dimensiones deben ser mínimo de 30 cm x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular y su tapa debe ser removible.
- e. No se permite el uso de aluminio en los electrodos de puesta a tierra.
- f. En sistemas trifásicos de instalaciones de uso final con cargas no lineales, el conductor de neutro debe ser dimensionado con por lo menos el 173% de la capacidad de corriente de las cargas no lineales de diseño de las fases, para evitar sobrecargarlo (la razón por la cual sucede esto es por el efecto que tienen los armónicos triplos que producen las cargas no lineales, sobre la corriente que circula por el neutro).
- g. Cuando por requerimientos de un edificio existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente, según criterio adoptado de IEC-61000-5-2, tal como aparece en la figura 3.

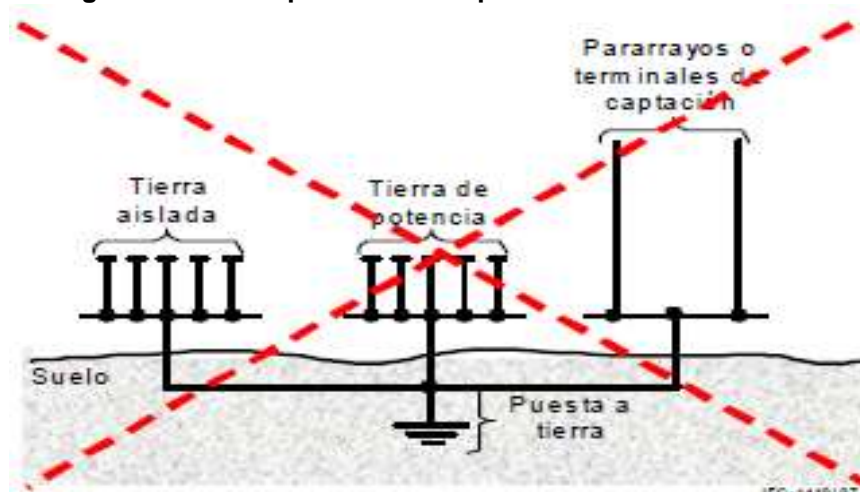
Figura 3 Sistemas con puestas a tierra dedicadas e interconectadas.



FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

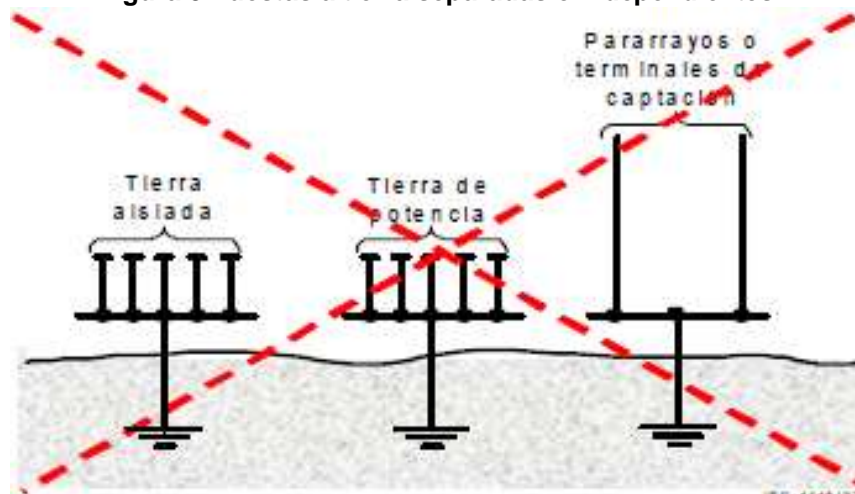
- h. Igualmente, para un mismo edificio quedan expresamente prohibidos los sistemas de puesta a tierra que aparecen en las figuras 4 y 5, según criterio adoptado de la IEC 61000-5-2.

Figura 4 Una sola puesta a tierra para todas las necesidades.



FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

Figura 5 Puestas a tierra separadas o independientes.



FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

Art. 15.3 Materiales de los sistemas de puesta a tierra

Art. 15.3.1 Electrodo de puesta a tierra

- a. La puesta a tierra debe estar constituida por uno o varios de los siguientes tipos de electrodos: varillas, tubos, placas, flejes o cables.
- b. Se podrán utilizar electrodos de cable de acero galvanizado, siempre que se garanticen las condiciones de seguridad establecidas.
- c. Los fabricantes de electrodos de puesta a tierra deben garantizar que la resistencia a la corrosión del electrodo, sea mínimo de 15 años contados a partir de la fecha de instalación. Para certificar este requisito se podrá utilizar el método de la inmersión en cámara salina durante 1000 horas o usando muestras de suelo preparadas en laboratorio, utilizando arena lavada, grada limpia u otro medio uniforme conocido en electrolitos de solución ácida débil en concentración, que permita simular los suelos más corrosivos donde se prevea instalar los electrodos de acuerdo con la norma ASTM G 162 o la norma ASTM G 1.
- d. El electrodo tipo varilla o tubo debe tener mínimo 2,4 m de longitud; además, debe estar identificado con la razón social o marca registrada del

fabricante y sus dimensiones; esto deben hacerse dentro de los primeros 30 cm desde la parte superior.

- e. El espesor efectivo de los recubrimientos exigidos en la tabla 2, en ningún punto debe ser inferior a los valores indicados.

Requisitos adoptados de las normas IEC 60364-5-54, BS 7430, AS 1768, UL 467, UNESA 6501F y NTC 2050.

Tabla 2 Requisitos para electrodos de puesta a tierra.

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones mínimas			
		Diámetro mm	Área mm	Espesor mm	Recubrimiento μm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado en cobre	14			100
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre zincado		50	2	40
Cable	Cobre o cobre estañado	1,8 para cada hilo	50		
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para cada hilo	70		
Placa	Cobre		20000	1,5	
	Acero inoxidable		20000	6	

FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

- f. Para la instalación de los electrodos se deben considerar los siguientes requisitos:
- El fabricante debe informar al usuario si existe algún procedimiento específico para su instalación y adecuada conservación.
 - La unión entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra, debe hacerse con soldadura exotérmica o con un conector certificado para enterramiento directo.
 - Cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad.

- El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la tierra debe ser accesible y la parte superior del electrodo enterrado debe quedar mínimo 15 cm de la superficie. Este ítem no aplica a electrodos enterados en las bases de estructuras de líneas de transmisión ni electrodos instalados horizontalmente.
- El electrodo puede ser instalado de forma vertical, horizontal o con una inclinación adecuada, siempre que garantice el cumplimiento de su objetivo, conforme al numeral 3 del literal c de la sección 250-83 de la NTC 2050.

Art. 15.3.2 Conductor del electrodo de puesta a tierra o conductor de tierra

Este conductor une la puesta a tierra con el barraje principal de puesta a tierra y para baja tensión, se debe seleccionar con base en la tabla 3 (tabla 250-94 de la NTC 2050) o con la ecuación de la IEC 60364-5-54.

Tabla 3 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.a.

Sección transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33,62 o menos	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	278,68 a 456,03	550 a 900 kcmil	53,50	1/0	85,02	3/0
329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	506,70 a 886,73	1000 a 1750 kcmil	67,44	2/0	107,21	4/0
608,04 y más	1200 kcmil y más	912,06 y más	1800 y más kcmil	85,02	3/0	126,67	250 kcmil

FUENTE: NTC 2050 Actualización Noviembre de 1998

Como material para el conductor del electrodo de puesta a tierra, además del cobre, se pueden utilizar otros materiales conductores o combinación de ellos, siempre que se garantice su protección contra la corrosión durante la vida útil de la puesta a tierra y la resistencia del conductor no comprometa la efectividad de la puesta a tierra.

El conductor a tierra para media tensión, alta tensión y extra alta tensión, debe ser seleccionado con la siguiente fórmula, la cual fue adoptada de la norma ANSI/IEEE 80.

$$A_{mm^2} = \frac{I * K_f * \sqrt{t_c}}{1,9737}$$

En donde:

A_{mm^2} : es la sección del conductor en mm^2 .

I : es la corriente de falla a tierra, suministrada por el Operador de Red (rms en kA).

K_f : es la constante de la tabla 2.4, para diferentes materiales y varios valores de T_m .

T_m : es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor y usando una temperatura ambiente de 40°C.

t_c : es el tiempo de despeje de la falla a tierra.

Tabla 4 Constantes de materiales.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%)	T_m(°C)	K_f
Cobre blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica	97	1084	7,06
Cobre duro cuando se utiliza conector mecánico	97	250	11,78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10,45
Alambre de acero recubierto de cobre	30	1084	14,64
Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14,64
Aluminio grado EC	61	657	12,12
Aleación de aluminio 5005	53,5	652	12,41
Aleación de aluminio 6201	52,5	654	12,47
Alambre de acero recubierto de aluminio	20,3	657	17,2
Acero 1020	10,8	1510	15,95
Varilla de acero recubierta en acero inoxidable	9,8	1400	14,72
Varilla de acero con baño de zinc (galvanizado)	8,5	419	28,96
Acero inoxidable 304	2,4	1400	30,05

FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

- 1) No se debe utilizar aluminio enterrado.
- 2) Se permite el uso de cables de acero galvanizado en sistemas de puesta a tierra en líneas de transmisión y redes de distribución, e instalaciones de uso final siempre que en condiciones de una descarga no se superen los niveles de soportabilidad del ser humano, para su cálculo podrá utilizar los parámetros de varilla de acero recubierta de zinc.
- 3) El espesor del recubrimiento en cobre de la varilla de acero, no debe ser menor a 0,25mm.

Art. 15.3.3 Conductor de protección o de puesta a tierra de equipos

El conductor de protección, también llamado conductor de puesta a tierra de equipos, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a. El conductor para baja tensión, debe seleccionarse con la tabla 5 (tabla 250-95 de la NTC 2050)

Tabla 5 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos.

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorrientes en el circuito. (A)	Sección transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o aluminio recubierto de cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1000	67,44	2/0	107,21	4/0
1200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5000	354,69	700 kcmil	608,04	1200 kcmil
6000	405,36	800 kcmil	608,04	1200 kcmil

FUENTE: NTC 2050 Actualización Noviembre de 1998

- b. El conductor para media tensión, alta tensión y extra alta tensión, debe seleccionarse de forma tal que la temperatura del conductor no supere la temperatura del aislamiento de los conductores activos alojados en misma canalización, tal como se establece en el capítulo 9 de la IEEE 242.
- c. Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros mediante soldadura o conectores certificados para tal uso.
- d. El conductor de puesta a tierra de equipos, debe acompañar los conductores activos durante todo su recorrido y por la misma canalización.
- e. Los conductores de los cableados de puesta a tierra que por disposición de la instalación se requieran aislar, deben ser de aislamiento color verde, verde con rayas amarillas o identificados con marcas verdes en los puntos de inspección y extremos.

Art. 15.4 Valores de resistencia de puesta a tierra

Un buen diseño de puesta a tierra debe garantizar el control de las tensiones de paso, de contacto y transferidas. En razón a que la resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas, pueden tomarse como referencia los valores máximos de resistencia de puesta a tierra de la tabla 6, adoptados de las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552.

El cumplimiento de estos valores de resistencia de puesta a tierra no libera al diseñador y constructor de garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas aplicadas al ser humano en caso de una falla a tierra no superen las máximas permitidas.

Tabla 6 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión	25 Ω

FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

Cuando existan altos valores de resistividad del terreno, elevadas corrientes de falla a tierra o prolongados tiempos de despeje de las mismas, se deberán tomar las siguientes medidas para no exponer a las personas a tensiones por encima de los umbrales de soportabilidad del ser humano:

- a. Hacer inaccesibles zonas donde se prevea la superación de los umbrales de soportabilidad para seres humanos y disponer de señalización en las zonas críticas.
- b. Instalar pisos o pavimentos de gran aislamiento.
- c. Aislar todos los dispositivos que puedan ser sujetados por una persona.
- d. Establecer conexiones equipotenciales en las zonas críticas.
- e. Aislar el conductor del electrodo de puesta a tierra a su entrada al terreno.
- f. Disponer de señalización en las zonas críticas donde pueda actuar personal calificado, siempre que éste cuente con las instrucciones sobre el tipo de riesgo y esté dotado de los elementos de protección aislantes.

Art. 15.5 Mediciones

Art. 15.5.1 Medición de resistividad aparente

Existen diversas técnicas para medir la resistividad aparente del terreno. Para efectos del RETIE, se puede aplicar el método tetraelectródico de Wenner, que es el más utilizado para aplicaciones eléctricas. En la figura 6, se expone la disposición el montaje para su medición. Igualmente, se podrán utilizar otros

métodos debidamente reconocidos y documentados en las normas y prácticas de la ingeniería.

La ecuación exacta para el cálculo es:

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

En donde:

ρ : es la resistividad aparente del suelo en ohm-metro.

a : es la distancia entre electrodos adyacentes en metros.

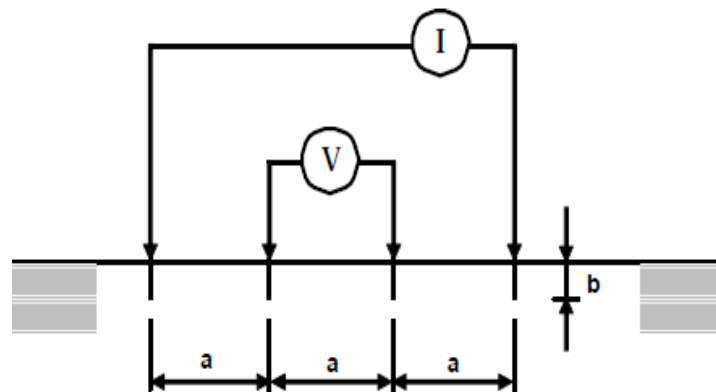
b : es la profundidad de enterramiento de los electrodos en metros.

R : es la resistencia eléctrica medida en ohms, calculada como V/I .

Cuando b es muy pequeño comparado con a , se tiene la siguiente expresión:

$$\rho = 2\pi aR$$

Figura 6 Esquema de medición de resistividad aparente.

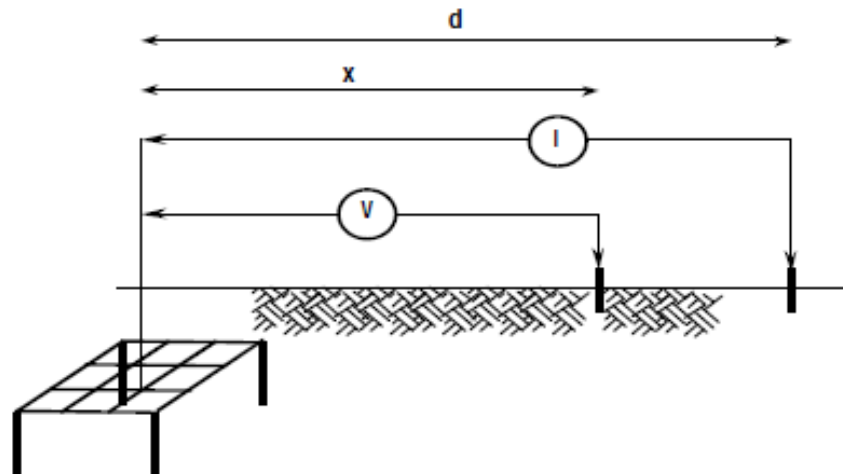


FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

Art. 15.5.2 Medición de la resistencia de puesta a tierra

La resistencia de puesta a tierra debe ser medida antes de la puesta en funcionamiento de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o excepcionalmente como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra. Para su medición se puede aplicar la técnica de caída de potencial, cuya disposición se muestra en la figura 7.

Figura 7 Esquema de medición de puesta a tierra.



FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

En donde:

d : es la distancia de ubicación del electrodo auxiliar de corriente, la cual debe ser 6,5 veces la mayor dimensión de la puesta a tierra a medir, para prolongar una precisión del 95% (según IEEE 81).

x : es la distancia del electrodo auxiliar de tensión.

R_{PT} : es la resistencia de puesta a tierra en ohms, calculada como V/I .

El valor de resistencia de puesta a tierra que se debe tomar al aplicar este método, es cuando la disposición del electrodo auxiliar de tensión se encuentra al 61,8% de la distancia del electrodo auxiliar de corriente, siempre que el terreno sea uniforme. Igualmente, se podrán utilizar otros métodos debidamente reconocidos y documentados en las normas y prácticas de la ingeniería.

En líneas de transmisión con cable de guarda, la medida debe hacerse desacoplando el cable de guarda o usando un telurómetro de alta frecuencia (25 kHz).

Art. 15.5.3 Medición de tensiones de paso y de contacto

Las tensiones de paso y contacto calculadas deben comprobarse antes de la puesta en servicio de las subestaciones de alta y extra alta tensión, así como en las estructuras de transmisión localizadas en zonas urbanas o que estén a menos de 20 m de escuelas o viviendas, para verificar que se encuentren dentro de los límites admitidos. Para subestaciones deben comprobarse hasta un metro por fuera del encerramiento y en el caso de torres o postes a un metro de la estructura.

En la medición deben seguirse los siguientes criterios adoptados de la IEEE-81.2 o los de una norma técnica que le aplique, tal como la IEC 61936-1.

Las mediciones se harán preferiblemente en la periferia de la instalación de la puesta a tierra. Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular la falla, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes espurias o parásitas circulantes por el terreno.

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener cada uno una superficie de 200 cm^2 y ejercer sobre el suelo una fuerza de 250 N.

Consecuentemente, y a menos que se emplee un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes, por ejemplo, método de inversión de la polaridad, se procurará que la corriente inyectada sea del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y preferiblemente no inferior a 50 amperios para centrales y subestaciones de alta tensión y 5 amperios para subestaciones de media tensión.

Los cálculos se harán suponiendo que existe proporcionalidad para determinar las tensiones máximas posibles.

Se podrán aceptar otros métodos de medición siempre y cuando estén avalados por normas técnicas internacionales, NTC, regionales o de reconocimiento internacional; en tales casos, quien utilice dicho método dejará constancia escrita del método utilizado y la norma aplicada.

Art. 18.3 Componentes del sistema de protección contra rayos

El sistema de protección contra rayos debe tener los siguientes componentes:

Art. 18.3.1 Terminales de captación o pararrayos

En la tabla 7, adaptada de las normas IEC 62305 e IEC 61024-1, se presentan las características que deben cumplir los pararrayos o terminales de captación contruidos especialmente para este fin.

Tabla 7 Características de los terminales de captación y bajantes.

MATERIAL	CONFIGURACIÓN	ÁREA MÍNIMA (mm ²)	DIÁMETROS Y ESPESORES MÍNIMOS
Cobre	Cinta sólida	50	3 mm de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cinta sólida	70	3 mm de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm de diámetro por hilo
Aleación de aluminio 6201	Cinta sólida	50	2,5 mm de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
Acero galvanizado en caliente o acero recubierto de cobre	Cinta sólida	50	2,5 mm de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro Espesor de la capa: 50 µm
Acero inoxidable	Cinta sólida	50	2,5 mm de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	70	1,7 mm de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro

Bronce	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Tubo	50	1,7 mm de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
<i>Si aspectos térmicos y mecánicos son importantes, estas dimensiones se pueden aumentar a 60 mm² para cinta sólida y a 78 mm² para alambre. En las dimensiones de grosor, ancho y diámetro se admite una tolerancia de ±10%. No se deben utilizar terminales de captación o pararrayos con terminales radioactivos.</i>			

FUENTE: RETIE Actualización Marzo de 2009

- **Nota:** los terminales de captación no requieren certificación de producto, el constructor o inspector de la instalación verificarán el cumplimiento de los requisitos dimensionales.

Cualquier elemento metálico de la estructura que se encuentre expuesto al impacto del rayo, como antenas de televisión, chimeneas, techos, torres de comunicación y cualquier tubería que sobresalga, debe ser tratado como un terminal de captación siempre que se garantice su capacidad de conducción y continuidad eléctrica.

Para efectos del RETIE, se considera que el comportamiento de todo terminal de captación debe tomarse como el de un terminal tipo Franklin.

Art. 18.3.2 Bajantes

Con el fin de reducir la probabilidad de daño debido a corriente de rayo fluyendo por el sistema de protección externo de una edificación, los conductores que cumplen la función de bajantes, deben ser al menos dos y con la mínima longitud para los caminos de corriente. Cada una de las bajantes debe terminar en un electrodo de puesta a tierra, estar separadas un mínimo de 10 m y siempre buscando que se localicen en las partes externas de la edificación. Las bajantes del sistema de protección deben cumplir los requisitos de la tabla 7. Adicionalmente se debe cumplir que si una parte conductora que conforma el sistema de puesta a tierra está a menos de 1,8 m de una bajante de pararrayos, debe ser unida a ella. En el caso de los edificios altos, se requieren anillos equipotenciales para protección contra rayos.

Art. 18.3.3 Puesta a tierra para protección contra rayos

La puesta a tierra de protección contra rayos, debe cumplir con los requisitos de los artículos anteriormente expuestos, especialmente en cuanto a materiales e interconexión. La configuración debe hacerse con electrodos horizontales (contrapesos), verticales o una combinación de ambos, según criterio de la IEC 62305. [7]

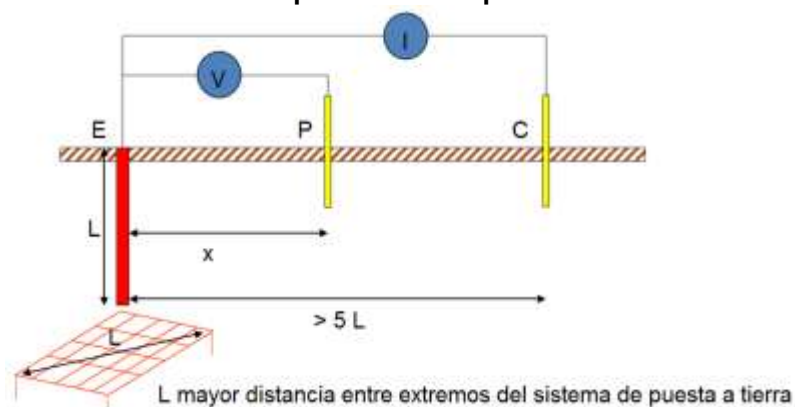
2.4 COMO SE VAN A REALIZAR LAS MEDICIONES

2.4.1 Medición de puesta a tierra

2.4.1.1 Método de caída de potencial, de los tres puntos o del 62%

Este método consiste en hacer circular una corriente eléctrica a través del sistema de tierra objeto de estudio (E), midiendo al mismo tiempo los valores de caída de potencial que el paso de esta corriente provoca entre el sistema y un electrodo de potencial (P) utilizado como referencia para la medición. Además del electrodo de potencial el circuito está constituido por un electrodo de corriente (C) cuya finalidad es cerrar el circuito que permite circular la corriente por el sistema a medir. Conociendo el valor de tensión y el valor de corriente se podrá obtener el valor de la resistencia mediante ley de Ohm (V/I).

Figura 8 Medida de resistencia de puesta a tierra por el método de caída de potencial.

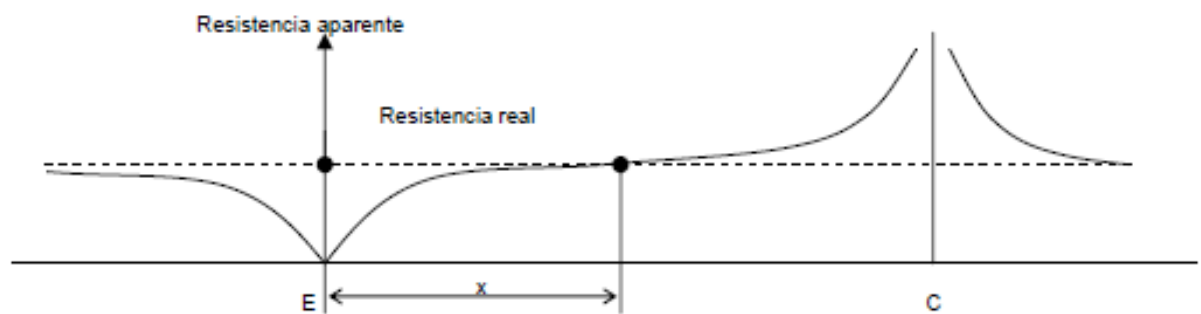


FUENTE: <http://dc398.4shared.com/doc/pLmHb5xg/preview.html>

Se conecta el comprobador a la puesta a tierra. A continuación, se coloca el electrodo auxiliar de corriente a una separación no menor de 5 (recomendado 6,5) veces la mayor distancia entre extremos del sistema de puesta a tierra.

El electrodo de potencial se ubica en la misma línea recta que forman la conexión a la puesta a tierra y el electrodo auxiliar de corriente, se varía su ubicación moviéndose desde la puesta a tierra y alejándose de ella tomando las suficientes medidas con el fin de obtener una curva de potencial o resistencia aparente. La meseta o zona estable de la curva indica la resistencia real del sistema a medir (valor de resistencia para una distancia del 62% de la separación entre el electrodo conectado a la puesta a tierra bajo prueba y el electrodo auxiliar de corriente).

Figura 9 Resistencia de puesta a tierra por el método de caída de potencial.



FUENTE: http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tierra_resistencia.htm

Esta meseta debe cumplir con la condición de que tres puntos contiguos de la misma no presenten una diferencia mayor de un 10 %.

Se recomienda repetir el proceso variando la posición de los electrodos auxiliares C y P con respecto al electrodo de tierra 90° el resultado final a considerar será el valor medio de los resultados obtenidos.

2.4.1.2 Precauciones en las mediciones y durante ellas

[2] Antes y durante la ejecución de las mediciones de resistencia de puesta tierra se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Antes de proceder a la medición de resistencia, se debe medir la tensión originada por corrientes espurias, esto es, corrientes de fuga o errantes, entre la malla y tierra remota, las cuales pueden ser percibidas por su efecto en la elevación del potencial a tierra de la malla y, por lo tanto, medirse mediante equipos adecuados. Si supera los 30 V, no debe medirse la resistencia y debe identificarse la causa de las corrientes.
- Preferiblemente se debe desconectar la puesta a tierra por medir, para evitar obtener datos alterados por la interconexión con otros circuitos. No siendo esto posible, se recomienda utilizar un equipo apropiado para realizar la medida bajo tal condición. En cualquiera de los casos, se debe tener siempre presentes los riesgos que conlleva la medición. En efecto, aunque es poco probable, no es imposible que mientras se esté realizando la medición se presente una falla a tierra en la red de distribución, transfiriendo corrientes de altas magnitudes a la malla de puesta a tierra y con ello al equipo que en ese instante se encuentre realizando la medición. Por esta misma circunstancia, se debe evitar realizar las mediciones cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables y exista la posibilidad de descargas eléctricas atmosféricas.
- Con el fin de prevenir accidentes por electrocución, es conveniente el uso de indumentaria apropiada que proteja las partes del cuerpo más propensas a cerrar el circuito entre puntos de una alta diferencia de potencial. Además, debe evitarse que personas ajenas al procedimiento se encuentren en las cercanías de los elementos del equipo de medición.
- Como parte del equipo de protección adecuado para llevar a cabo la medición, se debe contar con calzado, guantes, casco y mantas dieléctricas.

- Los electrodos y placas deben estar bien limpios y exentos de óxido para posibilitar el contacto con el suelo.
- Los electrodos de tensión y corriente deben estar firmemente clavados en el suelo y tener un buen contacto con tierra.
- Las mediciones deben realizarse en días de suelo seco para obtener el mayor valor de resistencia de puesta a tierra de la instalación.
- La puesta a tierra bajo estudio y los electrodos de prueba deben estar en línea recta. [2]

2.4.2 Medición de equipotencialidad

Aunque es un concepto de rigor científico solo se cumple para corriente continua y para electrostática, en toda instalación con sistema de puesta a tierra, es muy importante equipotencializar todas sus partes. Las mediciones se efectúan mediante la inyección de corriente continua con una fuente regulada y medición de tensión y corriente. [1]

2.4.2.1 Método utilizado para la medición de equipotencialidad

Para determinar si el conductor con el que está hecha la equipotencialización es aceptable o no, se seguirá el siguiente procedimiento:

- 1) Se calcula la sección teórica mínima del conductor adecuado según la IEEE 80, con la fórmula:

$$A_{mm^2} = \frac{I * K_f * \sqrt{t_c}}{1,9737}$$

En donde:

A_{mm^2} : es la sección teórica del conductor en mm².

I : es la corriente de falla a tierra, suministrada por la ESSA (rms en kA).

K_f : es la constante según el material, se utilizara un valor de **7,06** que pertenece al cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica.

t_c : es el tiempo de despeje de la falla a tierra (se acostumbra tomar un valor de 0,5 s para protecciones electromecánicas y 0,3 s para protecciones electrónicas).

- 2) Se estima la longitud del tramo equipotencial, se mide el valor de resistencia con el equipo de medida y se calcula la sección del conductor con la fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

En donde:

A : es la sección del conductor en m^2 .

l : es la longitud del conductor en m.

ρ : es la resistividad del material ($1,71 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ para el cobre)

Despejando A tenemos:

$$A_{mm^2} = 1,71 * 10^{-8} \frac{l}{R} * \frac{(1000mm)^2}{1m^2}$$

$$A_{mm^2} = 0,0171 * \frac{l}{R_{m\Omega}} * 1000$$

- 3) Comparando los dos valores de las secciones del conductor, la sección recomendada según la IEEE 80 y la calculada se establece si el conductor utilizado es o no el adecuado. Si la sección calculada es mayor que la teórica se concluye que el conductor es **Aceptable** de lo contrario la conclusión será **No Aceptable**. En el caso de que los elementos se encuentren demasiado lejos o no se pueda realizar la medida la observación será **No medido**.

2.4.3 Tensiones de paso, de contacto y diferencial

[1] La conducción de altas corrientes a tierra en instalaciones eléctricas, debidas a disturbios atmosféricos o fallas del equipo, obliga a tomar precauciones para que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes no ofrezcan peligro a los operadores, o en general, al personal que labora en el recinto. Intensidades del orden de miles de amperes, producen gradientes de potencial elevados en la

vecindad del punto puntos de contacto a tierra y si, además, se da la circunstancia de que algún ser viviente se apoye en dos puntos, entre los cuales existe una diferencia de potencial debida al gradiente arriba indicado, puede sufrir una descarga de tal magnitud que sobrepase el límite de su contractilidad muscular y provoque su caída. En tal situación, la corriente que circula por su cuerpo aumenta y si por desgracia ésta pasa por algún órgano vital como el corazón, puede originar fibrilación ventricular y sobrevenir la muerte.

Generalmente el umbral de percepción está cercano a un 1 miliamper. Si el camino de la corriente incluye la mano y el antebrazo, las contracciones musculares, el malestar y el dolor aumentan al crecer la corriente y bastan intensidades de unos cuantos miliampers para evitar que el sujeto pueda soltar el electrodo agarrado con la palma de la mano, que es la condición de contractibilidad antes mencionada.

Se pueden tolerar intensidades de corriente superiores, sin originar fibrilación, si la duración es muy corta. La ecuación que liga los parámetros de la intensidad de corriente tolerable y el tiempo que puede tolerar un organismo es:

$$I_k^2 * t = 0,0135$$

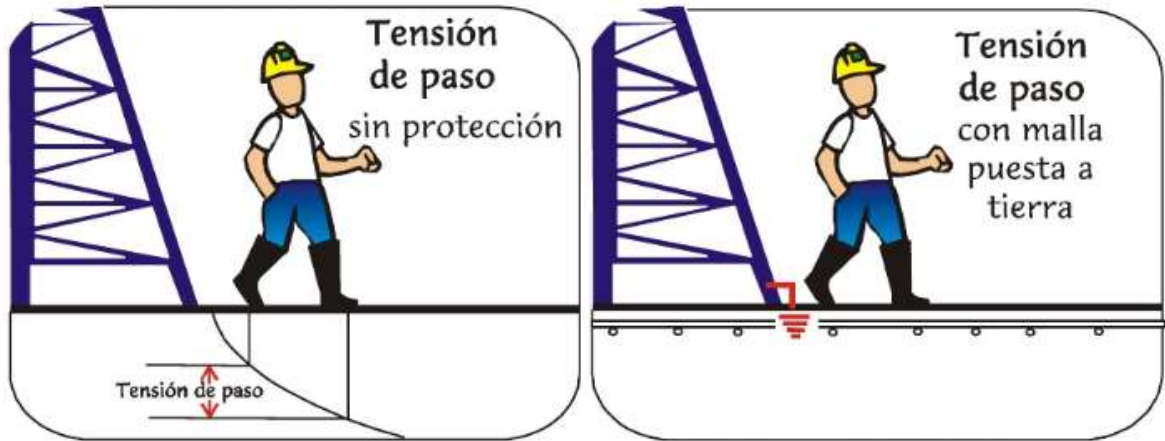
Resulta:

$$I_k = \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

En donde I es el valor efectivo de la corriente que circula por el cuerpo en amperes y t es el tiempo de duración del choque eléctrico en segundos. 0,0135 es una constante derivada empíricamente.

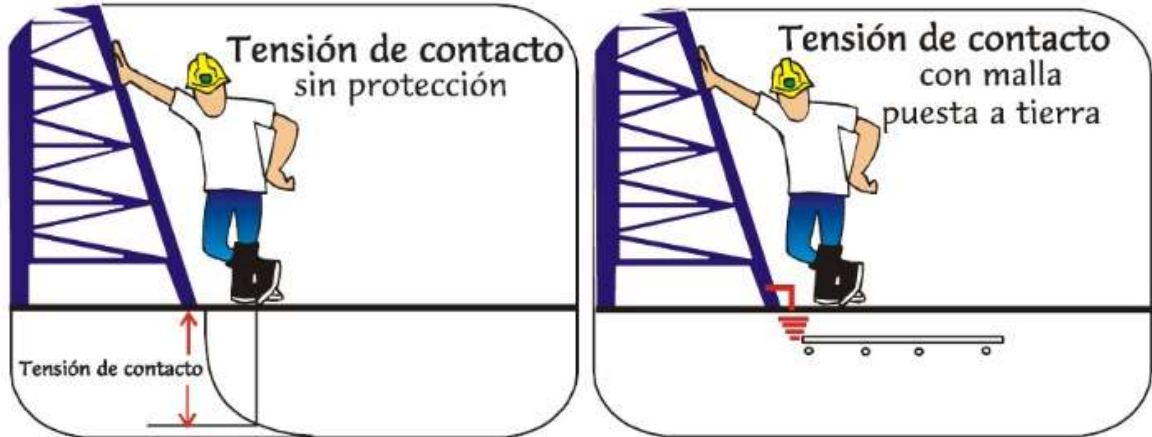
Es necesario para una buena comprensión tomar en cuenta los diversos casos que puedan presentarse al hacer contacto con superficies a diferente potencial. Las diferencias de potencial tolerables se determinan de acuerdo con los conceptos de tensiones de “paso”, de “contacto” y “diferencial”. [1]

Figura 10 Tensiones de paso



FUENTE: TIERRAS Soporte de la seguridad eléctrica, 3ª Edición.

Figura 11 Tensiones de contacto



FUENTE: TIERRAS Soporte de la seguridad eléctrica, 3ª Edición.

2.4.3.1 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales toleradas por el cuerpo

Realizando los circuitos equivalentes para las tensiones de paso y de contacto, utilizando una resistencia del cuerpo humano de 1000 Ω y sustituyendo las constantes apropiadas en cada caso y los valores de corriente tolerable se obtiene:

Tensión de paso para un cuerpo con peso de 50 kg:

$$E_{step50} = \frac{116 + 0,7\rho_s}{\sqrt{t}}$$

Tensión de contacto para un cuerpo con peso de 50 kg:

$$E_{touch50} = \frac{116 + 0,17\rho_s}{\sqrt{t}}$$

Tensión de contacto metal-metal o diferencial para un cuerpo con peso de 50 kg:

$$E_{mm-touch50} = \frac{116}{\sqrt{t}}$$

En donde:

ρ_s : es la resistividad de la superficie del material en $\Omega.m$. (Cero para el contacto metal-metal).

t : es la duración del choque en segundos

2.4.3.2 Método utilizado para la medición de las tensiones

[1] Para realizar este procedimiento lo que se hace es hacer circular una corriente por la malla, simulando una condición de falla. Esta corriente se hace circular ubicando un electrodo de corriente en contacto con la malla y el otro ubicado a una distancia prudencial, mínimo unos 20 m.

El método utilizado será el recomendado por la IEEE 81.2 (91) llamado simulación del personal en el área de interés (simulated personnel method), el cual consiste en utilizar dos electrodos con un área de contacto de 200 cm² (un círculo de 8 cm de radio).

La metodología tiene en cuenta la influencia de la resistencia del cuerpo R_b, y la resistencia a tierra, R_f (entre los pies y el suelo), en los valores medidos. Esto se logra usando los electrodos antes mencionados, que representan la influencia de los pies, con un peso de 200 N (25 kg) en cada electrodo para asegurar un buen contacto con la cubierta aislante, como se tendría con una persona de peso similar. Emplear una resistencia de 1000 Ω, para representar la resistencia del cuerpo; ella debe ser conectada entre los electrodos para la medición de tensión de paso y para la medición de la tensión de contacto, debe ser conectada en serie con el paralelo de ambos electrodos. Se inyecta una corriente de prueba a la malla que se está midiendo y se mide la tensión. [1]

La tensión a través del cuerpo durante una falla fase tierra es extrapolada por:

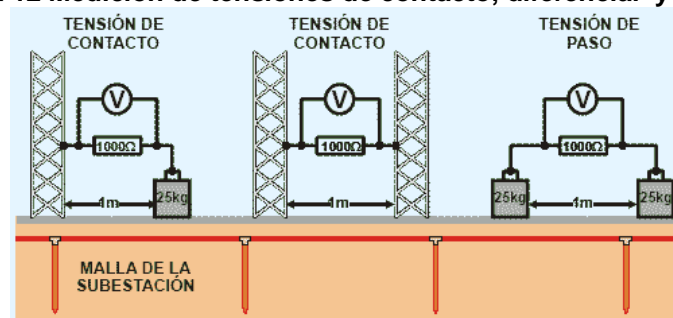
$$V_{max} = V * \frac{\text{corriente de falla del sistema}}{\text{corriente de prueba}}$$

En donde:

V: Tensión de contacto o de paso a través de la resistencia de 1000 Ω.

Los montajes para la medición de las tensiones de paso y de contacto se muestran en la siguiente figura:

Figura 12 Medición de tensiones de contacto, diferencial y de paso



FUENTE: TIERRAS Soporte de la seguridad eléctrica, 3ª Edición.

Como se pudo observar anteriormente el valor más pequeño de tensión que soporta el cuerpo se produce cuando existe un contacto metal-metal, por lo que a la hora de hacer las mediciones las tensiones medidas se compararan con este valor, llegando a la conclusión **Aceptable** si el valor medido es menor que el calculado o permitido y **Desviación** si el valor medido es mayor que el calculado o permitido.

2.4.3.3 Como disminuir el error en las mediciones

Para disminuir el error en la medida que puede ser provocado por las corrientes espurias, a la hora de hacer la medición se debe inyectar la corriente en un sentido y luego en el otro, es decir, una vez con polaridad positiva o a 0° y la otra con polaridad negativa o a 180°, el promedio de estos dos valores será el valor de corriente utilizado para hacer los cálculos necesarios.

La ecuación es:

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

En donde:

I : Corriente inyectada promedio

I_1 : Corriente inyectada a 0°

I_2 : Corriente inyectada a 180°

Para el caso de la tensión se deben tener en cuenta las posibles tensiones existentes antes de hacer la medida, como se indicó anteriormente si ésta es mayor a 30 V no se deben realizar las medidas y se debe proceder a la búsqueda de la falla que la origina. La ecuación es:

$$V = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2}{2} - V_0^2}$$

En donde:

V : Tensión medida promedio

V_1 : Tensión medida al inyectar corriente a 0°

V_2 : Tensión medida al inyectar corriente a 180°

V_0 : Tensión medida antes de la inyección de corriente

2.4.4 Conceptos relacionados con las anomalías

Conexión inadecuada: previniendo que todo tipo de conexión debe ser continuo sin interrupciones y quedar tanto mecánica como eléctricamente seguro, como especifica la normatividad vigente (RETIE). Se debe verificar todo tipo de unión dentro del sistema de puesta a tierra, evaluando las uniones realizadas mediante conector certificado o en caso de uso de soldadura exotérmica revisar la distribución uniforme, impurezas o corrosión que presente, con el fin de evitar pares galvánicos en estos puntos. De manera contraria se deberá proceder removiendo este tipo de aleación limpiando las áreas de unión y comprobando su estado final como los actuales sistemas de interventoría aplican sobre ellos.

Punto de conexión y medición inaccesible: con el fin cotejar y validar los valores con los que fueron diseñados la puesta a tierra y comparándolos dentro de los rangos permisibles. Es necesario hacer un seguimiento permanente sobre las cajas de inspección haciendo un análisis fuerte sobre la señalización, ausencia de tapas removibles y mantenimiento continuo. Evaluando remoción de escombros y basuras en áreas de la periferia y dentro de las cajas eliminar todo tipo hierba, tierra en exceso y proliferación de insectos que dificulten el diagnóstico y la medición del sistema de puesta a tierra.

Conexión equipotencial no existente: con la certeza de dar un ambiente seguro dentro de la subestación y en sus alrededores, es de vital importancia verificar el cumplimiento de la equipotencialidad sobre cualquier elemento metálico que forme parte de la instalación de dicho recinto. por lo tanto evaluar cada uno de

estos puntos referenciándolos con el sistema de puesta a tierra (barrajes y puesta a tierra) mirando su continuidad y tipo de conexión que presenta entre ellos, analizando los posibles cambios de calibre, ausencia de puentes equipotenciales, tipo de unión, aislamiento y corrosión. Evitando así posible electrocuciones ya sea de personal o animales circundantes en las cercanías, de presentarse dicha anomalía se deberá unir eléctricamente y mecánicamente cada punto de posible sitios de contacto al sistema de puesta a tierra.

2.4.5 Diagrama distribución de tensiones

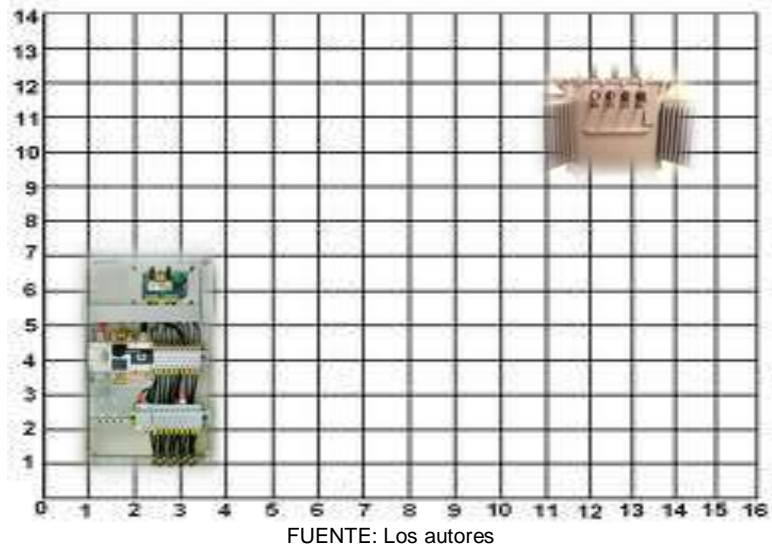
Con el fin de representar los valores producto de las mediciones de paso, contacto y diferencial. Se diseñó una herramienta computacional, que permita un análisis más completo del comportamiento de estas tensiones en el interior e inmediaciones de la subestación.

La herramienta se fundamenta en los comandos de MATLAB para crear una interpolación tridimensional y a partir de las cifras determinadas, simular el comportamiento que estos tendrían dentro de un área delimitada. Consta de una interfaz gráfica que proporciona al usuario un manejo más amable de la información e interactuar con él, así como la oportunidad de modificar los parámetros descriptivos de la zona a representar y permite almacenar los datos a graficar en otro software que facilitan la recolección de datos de una manera más agradable, todas las líneas de código se encuentran consignadas en el Anexo 36.

Los pasos para llegar a la imagen detallada se enlistan a continuación:

- Medición de variables en un eje coordenado (x, y, z) posicionando elementos y puntos a evaluar con el valor de su lectura (tensión).

Figura 13 Plano cartesiano de la ubicación de los elementos



- Crear un documento en Excel con todos estos datos, distinguiendo claramente que puntos pertenecen al interior y que sitios fueron tomados fuera de ella.
- Ejecutar el programa y traer estas cifras para que el programa pueda analizarlos y reconocerlos.
- Describir las dimensiones del área a simular, limitando los valores que se encuentran en el interior y en el exterior de la subestación.

Figura 14 Interfaz con el usuario

Datos dentro de la SE

x mínimo

x máximo

y mínimo

y máximo

Datos fuera de la SE

x mínimo

x máximo

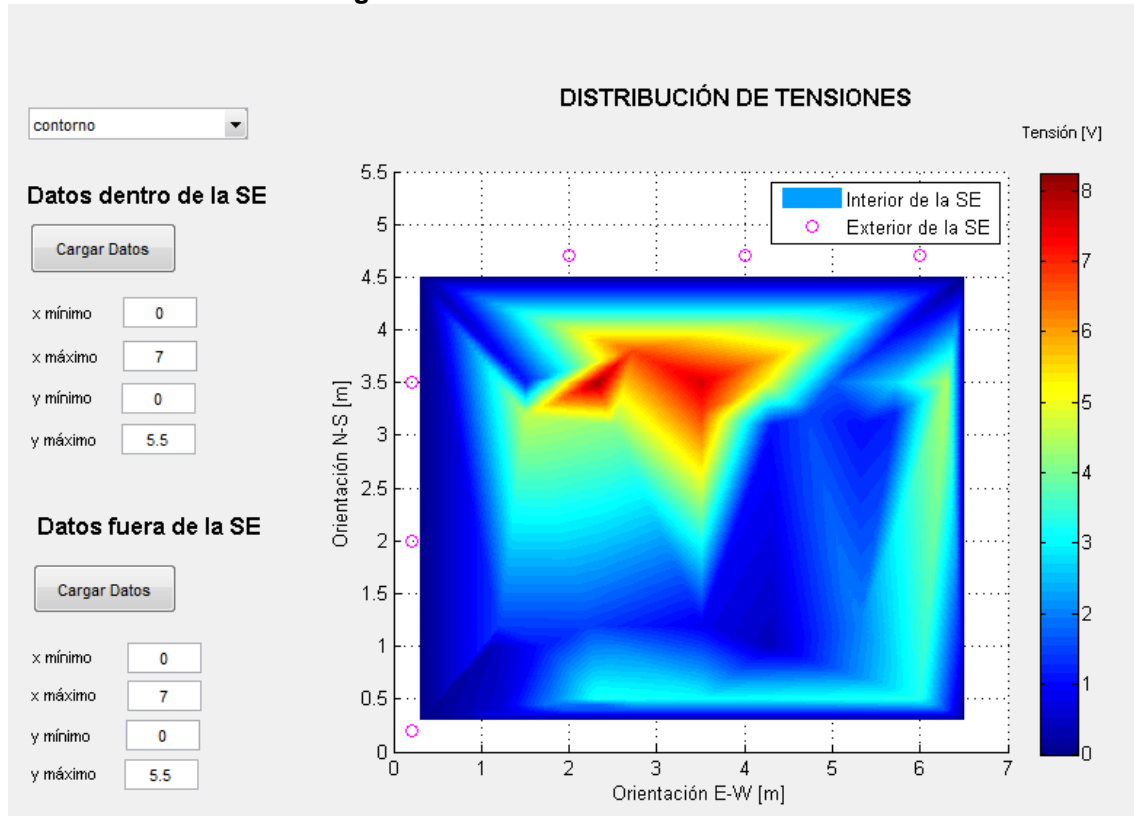
y mínimo

y máximo

FUENTE: Los autores

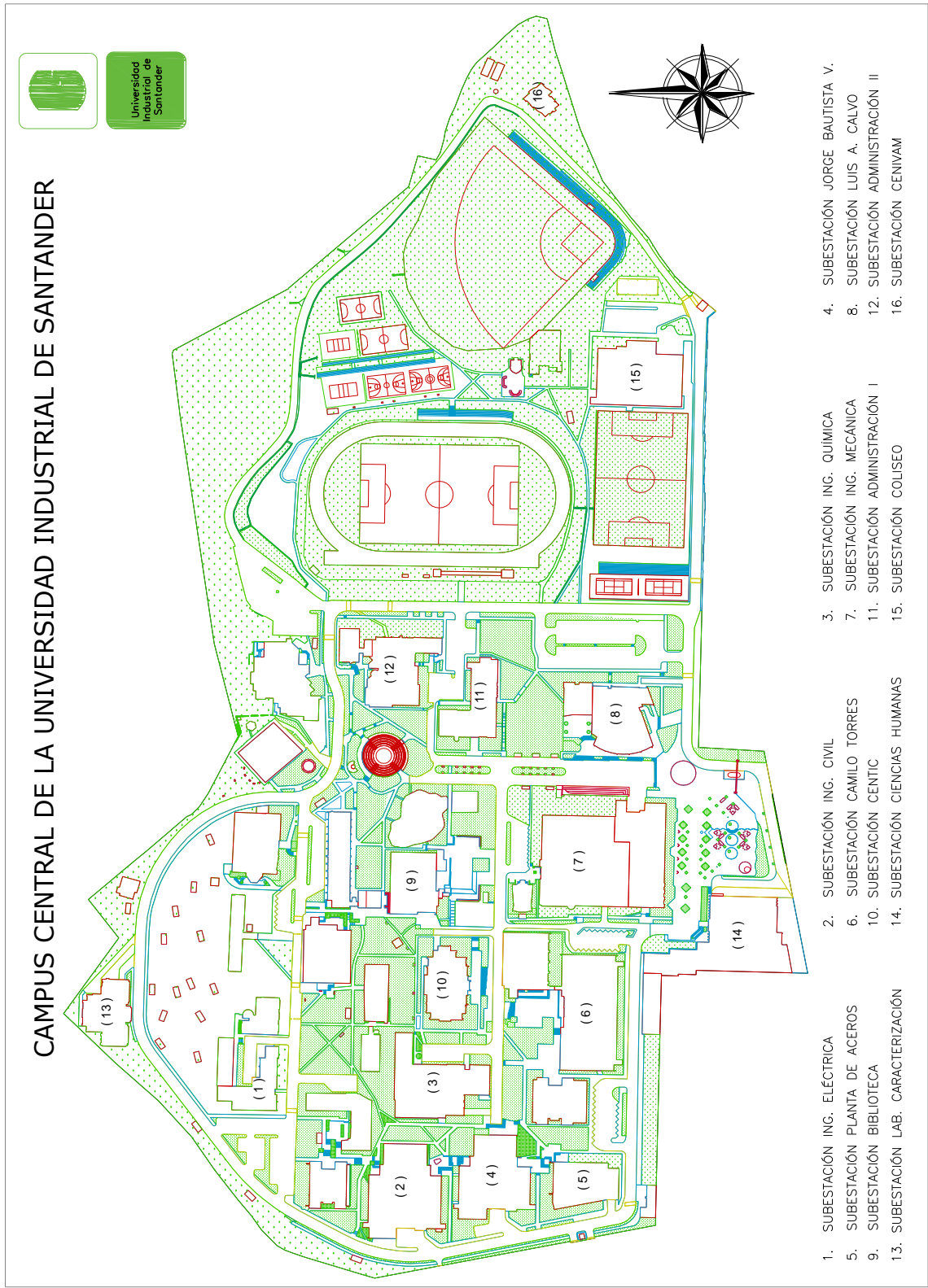
- Determinar que tipo de esquema se desea obtener, ya que permite la opción de visualizar los puntos en una imagen tanto de contornos como de superficie.

Figura 15 Visualización de resultados



FUENTE: Los autores

3 INSPECCIÓN DE LOS S.P.T. DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS



3.1 INGENIERÍA ELÉCTRICA

Subestación eléctrica localizada en el costado occidental del edificio colindando con la zona verde. Se puede ingresar de manera alterna, la primera de ella, externa a la edificación por un portón metálico accesible por el paso vehicular y peatonal, la segunda es por el interior de la construcción, por la entrada general del edificio mediante la apertura de salones con paso restringido. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

La superficie de la subestación es de 35 m², en ella se encuentra el tablero general, un tablero en el cual se ubica el barraje general donde se conectan las puntas premoldeadas para suministrar el fluido eléctrico a las subestaciones aledañas, equipos de medidas, transformadores de corriente entre otros. El seccionador marca LARSEN 24 KV se conecta del barraje principal que toma la alimentación en media tensión del punto de conexión principal de la universidad, el transformador de potencia trifásico es de 300 KVA marca ANDINA DE TRANSFORMADORES de 13200V/(220-127)V \pm 2*2.5%, para el estudio tipo diagnóstico se hará énfasis en puntos importantes como: la cuba del transformador, chasis de los armarios, barrajes de neutro y tierra, puerta de acceso a la subestación y a los tableros, estructuras de soporte, ventanas y rejillas entre otras.

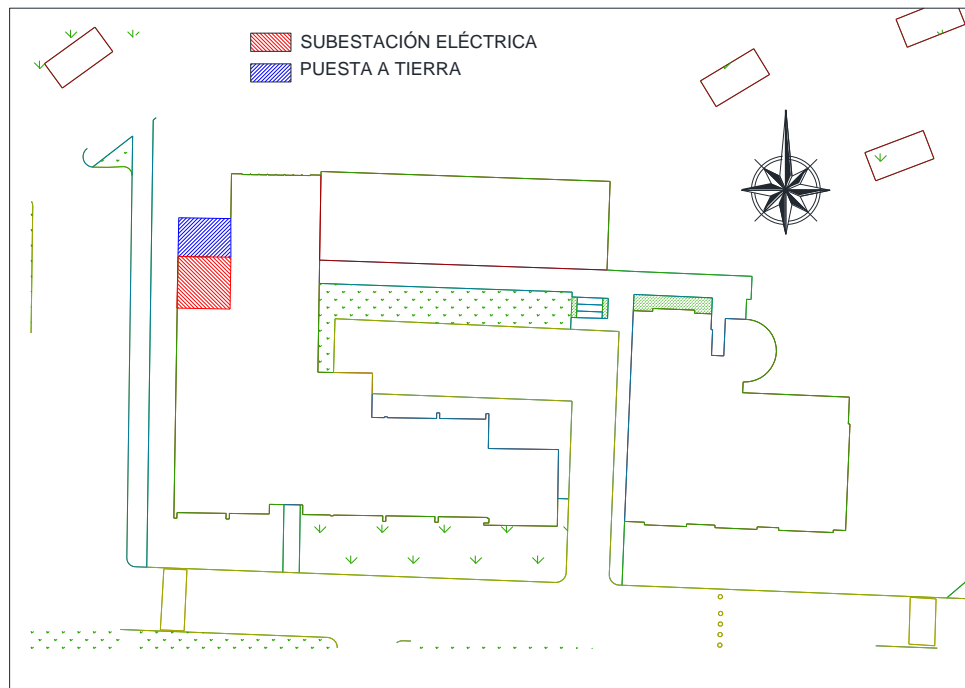
En el costado oriental se encuentra una punta captadora que forma parte del sistema de apantallamiento de la edificación, no es posible visualizar el recorrido que sigue el bajante, asumiendo que esta equipotencializado con la puesta a tierra de la subestación.

Inspeccionado la periferia de la subestación lugar donde se encuentra la puesta a tierra, se observa la alta concentración de escombros y basuras, la falta de poda de la hierba y el muy mal estado de las cajas de inspección sin el mantenimiento y la demarcación necesaria.

La puesta a tierra consta de 3 cajas de inspección en las inmediaciones de la subestación en la zona verde adjunta a ella, de las cuales solo una se encuentra actualmente conectada debido al paso del tiempo, este punto conformado con una varilla copperweld de cobre de 5/8" se acopla mediante conector mecánico a los conductores de cobre # 2/0 al electrodo de puesta a tierra y a la bajante proveniente del poste de concreto que pertenece a un D.P.S para protección de equipos así como con el conductor de puesta a tierra proveniente de la subestación.

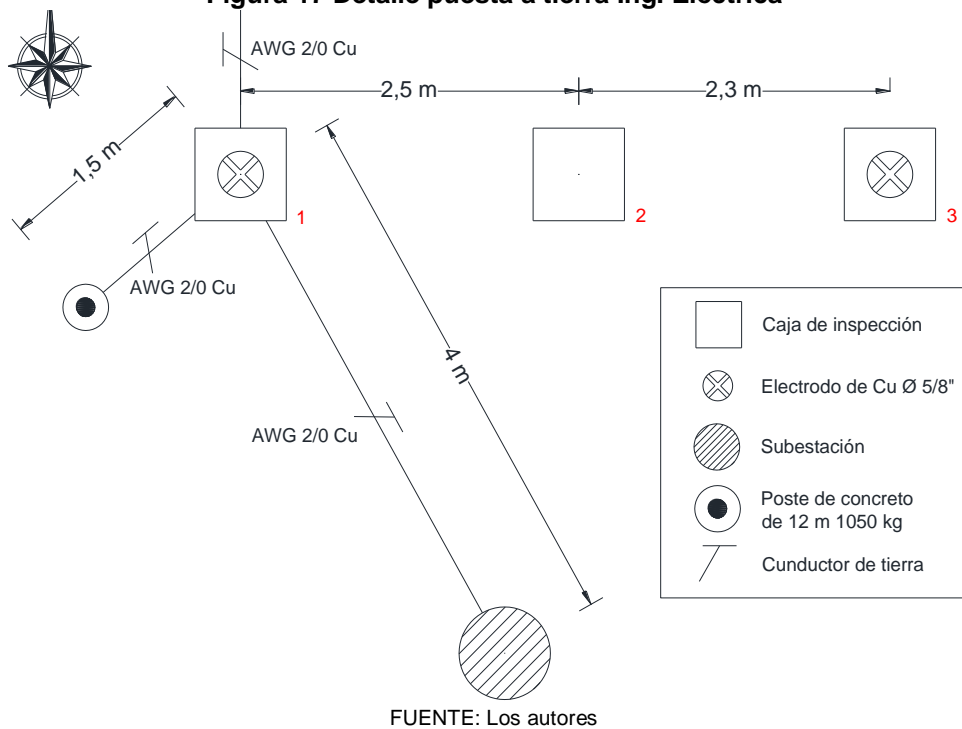
3.1.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 16 Ubicación de la subestación y puesta a tierra de Ing. Eléctrica



FUENTE: Los autores

Figura 17 Detalle puesta a tierra Ing. Eléctrica



3.1.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 8 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N - S) Ing. Eléctrica.

Instalación: Ingeniería Eléctrica

Ciudad: Bucaramanga

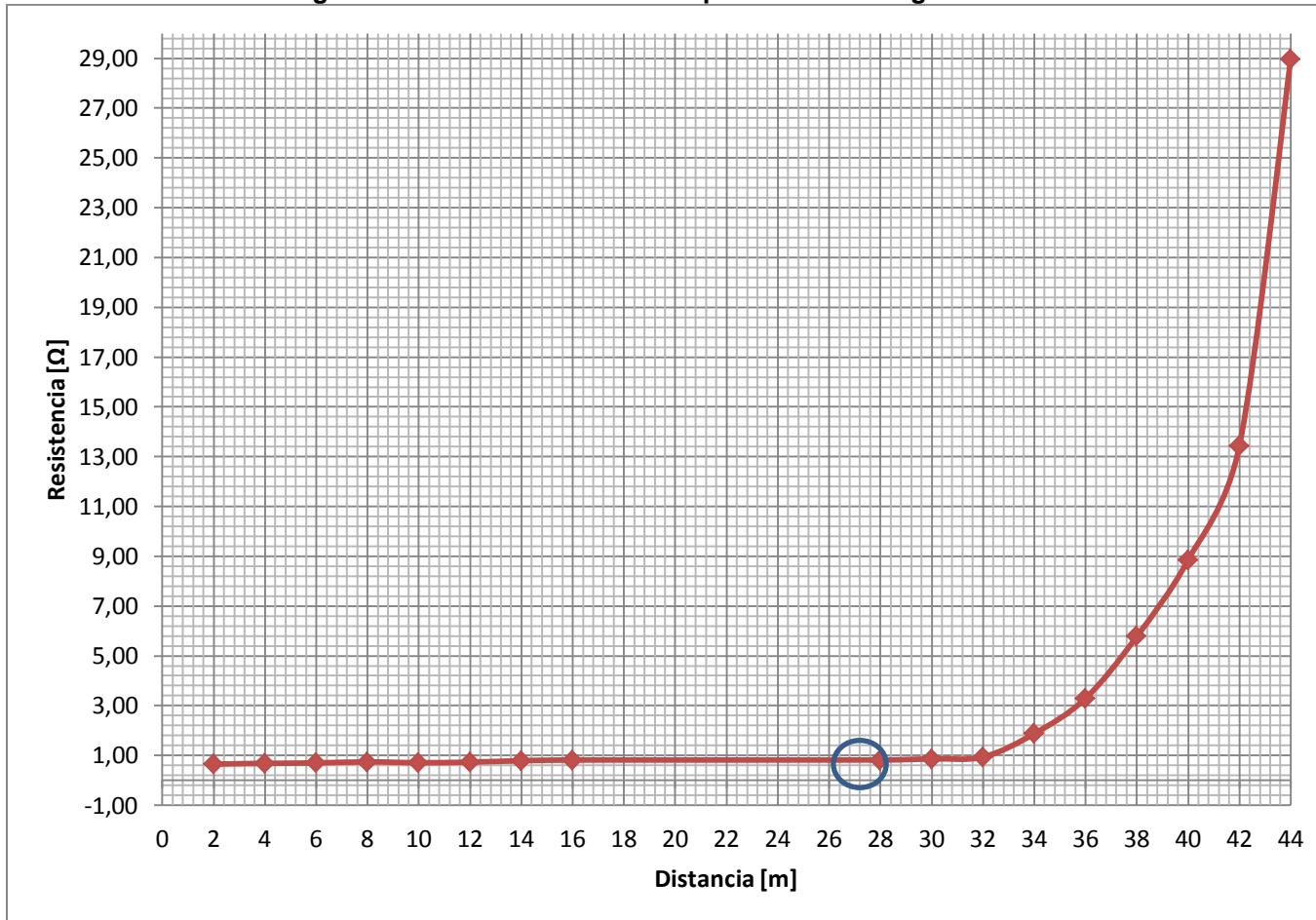
Fecha: Septiembre 27 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Norte - Sur)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,64	0,65	0,66	0,65
4	0,68	0,68	0,68	0,68
6	0,69	0,7	0,7	0,70
8	0,74	0,74	0,74	0,74
10	0,71	0,7	0,71	0,71
12	0,73	0,73	0,73	0,73
14	0,8	0,78	0,78	0,79
16	0,83	0,83	0,79	0,82
28	0,83	0,81	0,81	0,82
30	0,89	0,85	0,85	0,86
32	0,95	0,92	0,94	0,94
34	1,89	1,87	1,86	1,87
36	3,39	3,24	3,25	3,29
38	5,79	5,78	5,77	5,78
40	8,86	8,85	8,86	8,86
42	13,4	13,45	13,46	13,44
44	29	29	28,9	28,97

FUENTE: Los autores

Figura 18 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ing. Eléctrica



FUENTE: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 0,79 Ω. De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.1.3 Medidas de continuidad

Tabla 9 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ing. Eléctrica.

Instalación: Ingeniería Eléctrica

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Noviembre 15 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,7	kA
Sección Mínima del Conductor	9,359	mm ²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
SECCIONADORES				
Principal				No medido
Ingeniería Eléctrica				No medido
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador	13,5	7	9,33	No Aceptable
Cable XLPE				No medido
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta (sección derecha)	999999	5	0,00	No conectado
Puerta (sección izquierda)	999999	5	0,00	No conectado
TABLEROS DE MEDIDA				
Equipos en A.T.				No medido
Equipos en B.T.				No medido
Banco de condensadores				No medido
ÁREA ARMARIOS				
TABLERO GENERAL				
Chasis	13,8	7	9,13	No Aceptable
Barraje de neutro	5,6	9	28,93	Aceptable
Barraje de tierra armario barraje 13200 V	12,1	9	13,39	Aceptable
Chasis armario barraje 13200 V	5,4	6,8	22,67	Aceptable
Puerta armario barraje 13200 V	32,5	9,3	5,15	No Aceptable
ÁREA EXTERNA				
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia

FUENTE: Los autores

3.1.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 10 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Eléctrica.

Instalación: Ingeniería Eléctrica

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,7	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Pasillo entre armarios y portón de acceso (1)	C	Up	15,0	343,4	325,5	334,2	41,2	Acceptable
2	Pasillo entre armarios y portón (2)	C	Up	9,0	203,0	217,3	210,1	25,9	Acceptable
3	Pasillo entre armarios y portón de acceso (3)	C	Up	12,0	203,0	175,2	189,2	23,3	Acceptable
4	Cuarto tableros de distribución (1)	C	Up	15,0	161,6	168,3	164,3	20,3	Acceptable

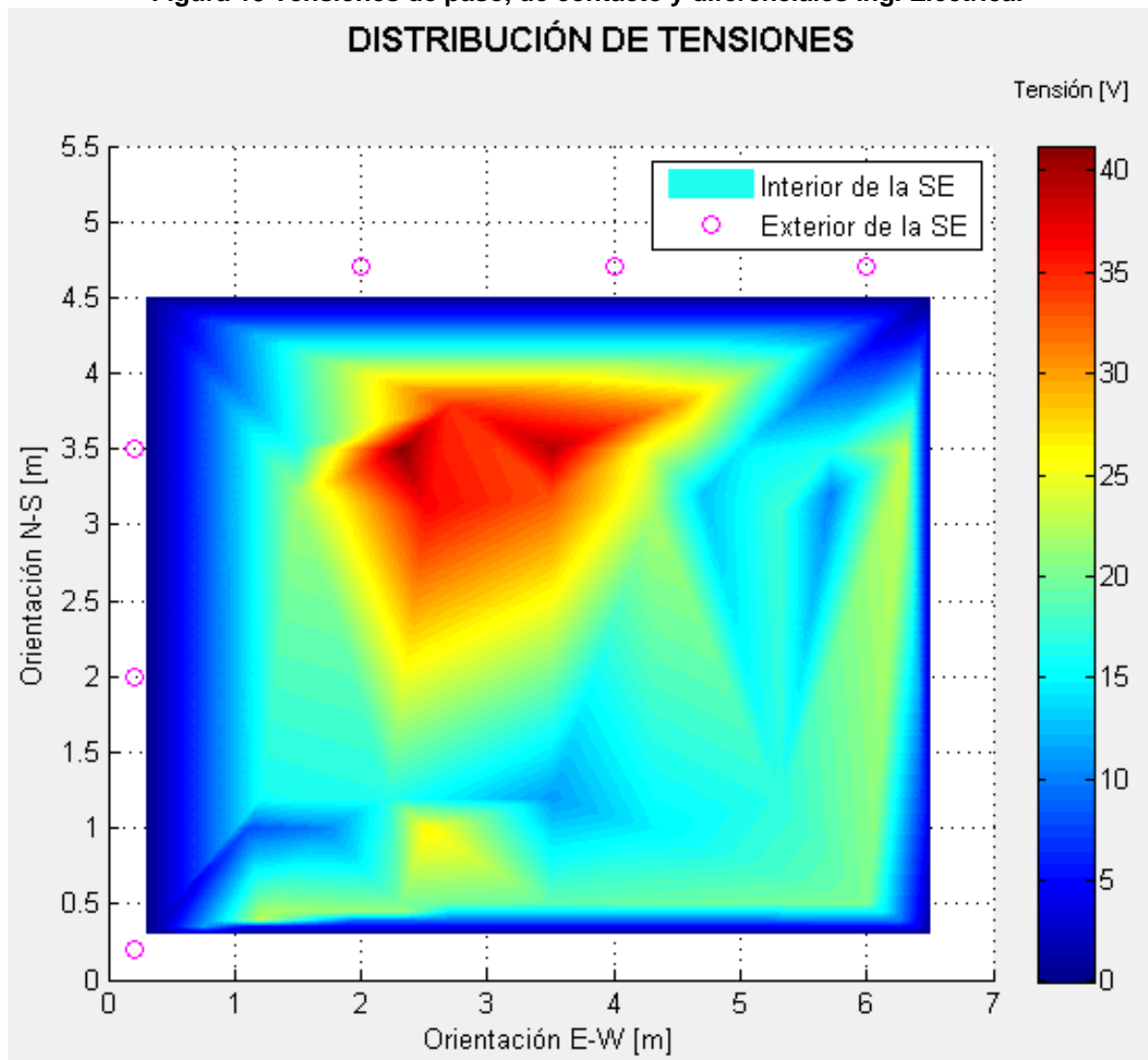
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Cuarto tableros de distribución (2)	C	Up	14,6	153,3	157,5	154,7	19,1	Aceptable
6	Cuarto tableros de distribución (3)	C	Up	15,2	163,8	161,7	162,0	20,0	Aceptable
7	Portón de acceso sección derecha	C	Uc	19,0	245,7	240,8	242,5	29,9	Aceptable
8	Portón de acceso sección izquierda	C	Uc	17,0	275,1	287,7	281,0	34,7	Aceptable
9	Puerta armario transformador frente 1	C	Uc	11,1	260,4	277,9	269,1	33,2	Aceptable
10	Puerta Seccionadores	C	Uc	10,1	142,1	204,7	175,9	21,7	Aceptable
11	Puerta equipos de medida	C	Uc	12,4	109,2	99,4	103,7	12,8	Aceptable
12	Puerta banco condensadores	C	Uc	9,8	84,7	79,1	81,4	10,0	Aceptable
13	Chasis armario distribución	C	Uc	16,4	135,1	140,7	136,9	16,9	Aceptable
14	Puerta armario transformador frente 2	C	Uc	12,2	91,7	90,3	90,2	11,1	Aceptable
15	Puerta pistolas premoldeadas sección derecha	C	Uc	17,8	140,0	132,3	135,0	16,7	Aceptable
16	Puerta pistolas premoldeadas sección izquierda	C	Uc	16,9	133,7	126,7	129,1	15,9	Aceptable
17	Ventana	C	Uc	26,5	189,7	184,1	185,0	22,8	Aceptable
18	Puerta armario transformador frente 1-Porton	C	Ud	20,1	319,2	325,5	321,7	39,7	Aceptable
19	Puerta armario seccionadores-Portón	C	Ud	18,3	133,7	134,4	132,8	16,4	Aceptable
20	Puerta equipos de medida-Portón	C	Ud	14,2	119,7	116,9	117,5	14,5	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
21	Puerta banco de condensadores-Portón	C	Ud	12,1	134,4	134,4	133,9	16,5	Aceptable
22	Puerta trafo frente 1-Puerta armario seccionadores	C	Ud	36,1	294,7	301,0	295,7	36,5	Aceptable
23	Puerta trafo. frente 1-Puerta equipos de medida	C	Ud	25,2	182,3	179,9	179,3	22,1	Aceptable
24	Puerta equipos de medida-Puerta banco condensadores	C	Ud	19,9	147,1	142,1	143,2	17,7	Aceptable
25	Chasis armario distribución-Puerta transformador frente 2	C	Ud	17,1	120,4	121,1	119,5	14,7	Aceptable
26	Puerta transfo. frente 2-Puerta premoldeadas derecha	C	Ud	29,0	216,3	217,7	215,1	26,5	Aceptable
27	Premoldeadas puerta derecha-puerta izquierda	C	Ud	10,1	84,1	81,2	82,0	10,1	Aceptable
28	Puerta pistolas premoldeadas-ventana	C	Ud	9,2	65,1	66,5	65,2	8,0	Aceptable
29	Jardín externo Oriente subestación (1)	T	Up	13,0	91,1	92,4	90,8	11,2	Aceptable
30	Jardín externo Oriente subestación (2)	T	Up	19,0	143,5	147,5	144,3	17,8	Aceptable
31	Jardín externo Oriente subestación (3)	T	Up	17,0	122,5	125,5	122,8	15,2	Aceptable
32	Jardín externo Norte subestación (1)	T	Up	12,0	91,1	98,0	93,8	11,6	Aceptable
33	Jardín externo Norte subestación (2)	T	Up	11,3	101,5	99,4	99,8	12,3	Aceptable
34	Jardín externo Norte subestación (3)	T	Up	9,1	70,7	65,1	67,3	8,3	Aceptable

FUENTE: Los autores

En la Figura 19 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 19 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Eléctrica.







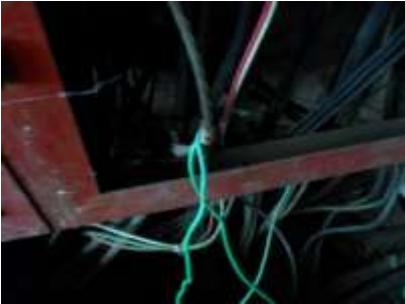





FUENTE: Los autores




3.1.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.



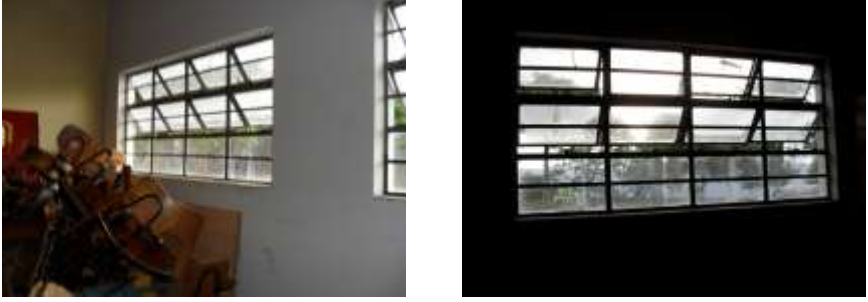
No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Puntos de conexión y medición inaccesible.	Puesta a tierra de la subestación de Ing. Eléctrica	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Escombros y basuras ubicadas en la zona donde se encuentran los registros del sistema de puesta a tierra, los cuales no permiten un fácil acceso a ellos.</p>		
2	Punto de conexión y medición inaccesible.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
3	Ausencia de tapa removible.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		



No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Las conexiones entre los conductores de puesta a tierra y los electrodos de puesta a tierra se deben hacer mediante soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso, de manera que las uniones queden mecánica y eléctricamente seguros.</p>		
5	Punto de medición y conexión inaccesible.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
6	Ausencia de tapa removible.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Punto de medición y conexión inaccesible.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
8	Ausencia tapa removible.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.5	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
9	Conexión inadecuada.	Tablero general de baja tensión.	RETIE 15.3.3 c	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha	
10	Conexión inadecuada.	Tablero general de baja tensión.	RETIE 15.3.3 c	04/10/2011	
					<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>
11	Conexión inadecuada.	Tablero barraje media tensión.	RETIE 15.3.3 c	04/10/2011	
				<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>	
12	Barraje no aislado.	Barraje equipotencial armario barraje de media tensión.	RETIE 15.3.3 e	04/10/2011	
				<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>	

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Conexión inadecuada.	Armario barraje de media tensión.	RETIE 15.3.3 c	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		
14	Puente equipotencial no existente.	Puerta armario barraje de media tensión.	RETIE 15.2 a	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
15	Conexión inadecuada.	Conductor cuba del transformador.	RETIE 15.3.3 c	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Punto de medida y conexión inaccesible.	Barraje equipotencial de puesta a tierra	RETIE 15.2 d	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: No se tiene fácil acceso a los puntos de conexión del sistema de puesta a tierra para realizar su medición.</p>		
17	Barraje no aislado.	Armario seccionador principal.	RETIE 15.3.3 e	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		
18	Conexión equipotencial no existente.	Ventanas subestación.	RETIE 15.2 a	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Conexión equipotencial no existente.	Puerta acceso norte a la subestación.	RETIE 15.2 a	04/10/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

3.1.6 Recomendaciones y presupuesto

Anomalía No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra.	\$ 32.000	1
2	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra.	\$ 32.000	1
3	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
4	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura.	\$ 98.600	3
5	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra.	\$ 32.000	1
6	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
7	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra.	\$ 32.000	1
8	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
9	Soltar conexión, conectar directamente al barraje de tierra mediante conductor continuo y sin interrupciones.	\$ 33.700	4
10	Soltar conexión, conectar directamente al barraje de tierra mediante conductor continuo y sin interrupciones.	\$ 33.700	4
11	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar unión por conector certificado.	\$ 198.700	15
12	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
13	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar unión por conector certificado.	\$ 29.400	15
14	Equipotencializar puerta mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
15	Soltar conexión, conectar directamente al barraje de tierra mediante conductor continuo y sin interrupciones.	\$ 33.700	4

Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
16	Organizar y distribuir los conductores para permitir fácil acceso a los barrajes.	\$ 6'585.700	7
17	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
18	Equipotencializar ventanas mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
19	Equipotencializar portón de acceso mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
20	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas) por conductor #6 THHN.	\$ 3'381.000	8
TOTAL		\$ 11'007.400	

3.2 INGENIERÍA CIVIL

Subestación eléctrica ubicada en el costado norte del edificio, colindando con el paso peatonal y un lugar de estacionamiento, esta área se divide en dos cuartos (tableros y transformador). Se puede ingresar de manera alterna, la primera de ella, externa a la edificación por un portón metálico accesible por el paso vehicular y peatonal, la segunda es por el interior a la construcción por la entrada general y apertura de salones con paso restringido. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el cuarto de los tableros con un área de 33.16 m² se encuentran el tablero general y los equipos de medida así como 3 seccionadores marca SOCOL 17.5KV que derivan los circuitos para planta de aceros, Ing. química y su propia alimentación, estos barrajes están interconectados a un barraje con la subestación principal (Ing. eléctrica) de donde toma la alimentación en media tensión, además de una caja de inspección de la puesta a tierra del sistema, otros puntos de atención para el estudio serán los barrajes de neutro y de tierra, las puertas de acceso a los tableros, ventanas, bandejas porta cables y los armarios.

En el segundo de los cuartos encontramos el transformador trifásico de 400 KVA marca RYMEL de 13200V/(208-120)V $\pm 2*2.5\%$, sobre un área de 16m², allí se hará énfasis en la puerta cortafuego, cuba del transformador, cable XLPE, bandeja porta cables, dámetros cortafuegos y estructuras de soporte, además de una caja de inspección de la puesta a tierra del sistema.

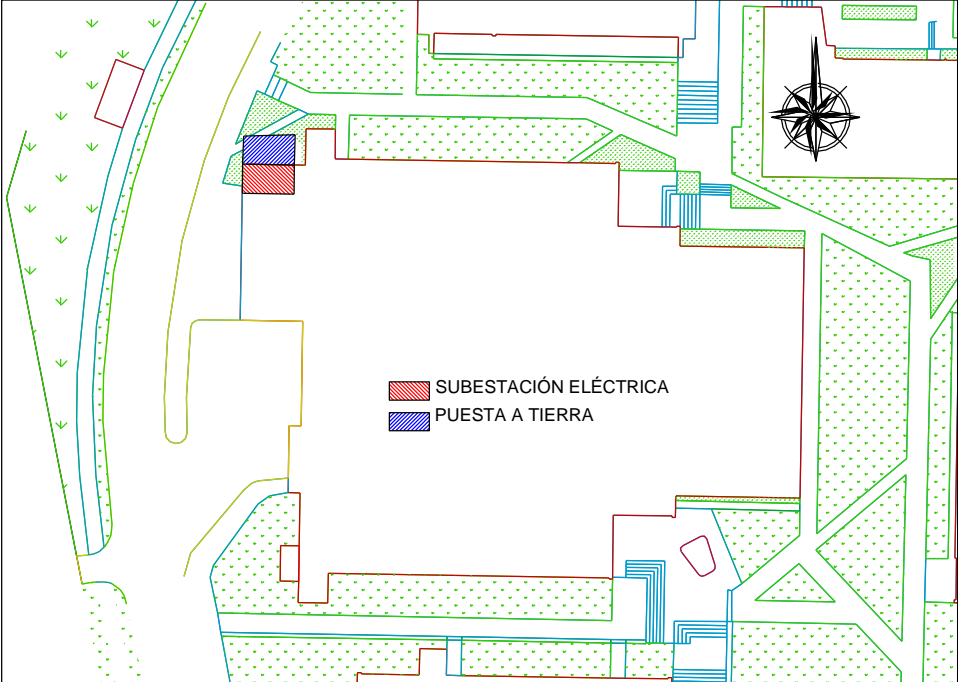
En el costado sur-occidental existe una punta captadora que forma parte del sistema de apantallamiento de la edificación, no es posible visualizar el recorrido que sigue el bajante.

La puesta a tierra localizada en las inmediaciones de la subestación en el costado norte del edificio en la zona verde consta de 8 cajas de inspección se encuentran

distribuidas tanto en el interior como en el exterior de la subestación. De manera interna, un electrodo de varilla copperweld de cobre se 5/8' y su conductor de cobre # 2/0. De manera exterior, 6 de ellas en una disposición rectangular formando 2 retículas y la restante enfrente de la subestación con características constructivas similares a las ya mencionadas.

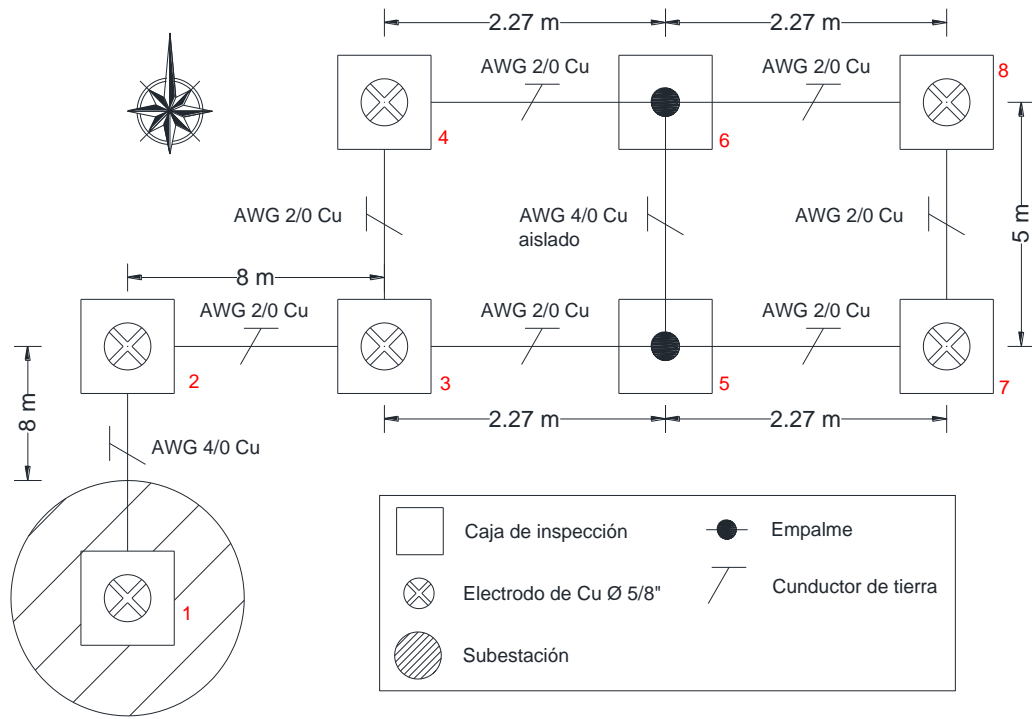
3.2.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 20 Ubicación subestación y puesta a tierra Ing. Civil



FUENTE: Los autores

Figura 21 Detalle puesta a tierra Ing. Civil



FUENTE: Los autores

3.2.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 11 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Ing. Civil.

Instalación: Edificio Ingeniería Civil

Ciudad: Bucaramanga

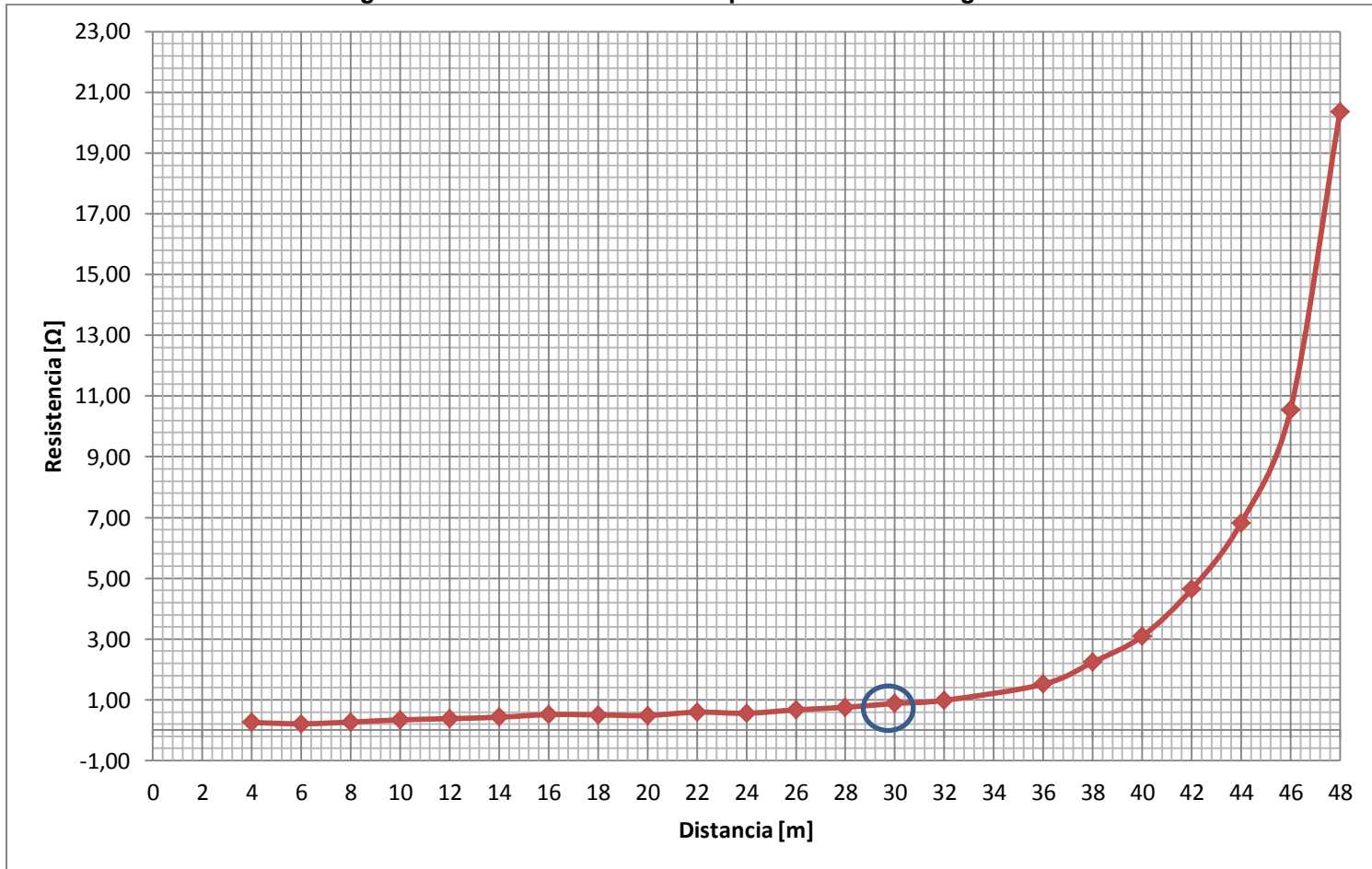
Fecha: Septiembre 27 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Oriente - Occidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
4	0,25	0,25	0,26	0,25
6	0,2	0,19	0,24	0,21
8	0,27	0,28	0,25	0,27
10	0,34	0,35	0,33	0,34
12	0,39	0,37	0,38	0,38
14	0,39	0,44	0,45	0,43
16	0,5	0,51	0,53	0,51
18	0,53	0,51	0,47	0,50
20	0,51	0,48	0,46	0,48
22	0,6	0,59	0,59	0,59
24	0,57	0,57	0,53	0,56
26	0,67	0,68	0,66	0,67
28	0,79	0,7	0,77	0,75
30	0,9	0,88	0,86	0,88
32	1,02	1	0,93	0,98
36	1,5	1,59	1,45	1,51
38	2,2	2,31	2,2	2,24
40	3,12	3,07	3,08	3,09
42	4,64	4,62	4,66	4,64
44	6,86	6,79	6,83	6,83
46	10,53	10,58	10,52	10,54
48	20,4	20,4	20,3	20,37

FUENTE: Los autores

Figura 22 Perfil de resistencia de puesta a tierra de Ing. Civil.



FUENTE: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 0,79 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítuló 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.2.3 Medidas de continuidad

Tabla 12 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ing. Civil.

Instalación: Edificio Ingeniería Civil

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Octubre 4 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,6	kA
Sección Mínima del Conductor	9,106	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador	8,5	2,4	5,08	No Aceptable
Puerta (sección derecha)	999999	4,4	0,00	No conectado
Puerta (sección izquierda)	999999	4,4	0,00	No conectado
Damper cortafuego inferior	999999	3,05	0,00	No conectado
Damper cortafuego superior	999999	2,7	0,00	No conectado
Barraje	5,6	2	6,43	No Aceptable
ÁREA ARMARIOS				
SECCIONADOR ING. QUÍMICA				
Puerta	8,7	5,5	11,38	Aceptable
SECCIONADOR PLANTA DE ACEROS				
Puerta	5,9	5,4	16,47	Aceptable
SECCIONADOR ING. CIVIL				
Puerta	5,53	3,2	10,42	Aceptable
BARRAJE DERIVACIÓN				
Puerta	11,9	7,7	11,65	Aceptable
ARMARIO PRINCIPAL B.T.				
Bandeja portacable de B.T.	7,2	5,4	13,50	Aceptable
Barraje	4,4	2,3	9,41	Aceptable
Puerta	999999	2,2	0,00	No conectado
Barraje de neutro	5,7	2,4	7,58	No Aceptable
ARMARIO DISTRIBUCIÓN 1				
Barraje	3,7	3,3	16,05	Aceptable
Barraje de neutro	6,1	3,2	9,44	Aceptable

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ARMARIO DISTRIBUCIÓN 1				
Puerta	999999	2,6	0,00	No conectado
ARMARIO DISTRIBUCIÓN 2				
Barraje	5,2	4,1	14,19	Aceptable
Barraje de neutro	7	4	10,29	Aceptable
Puerta	999999	3,5	0,00	No conectado
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta sur	999999	4,6	0,00	No conectado
Puerta norte (sección derecha)	999999	7,1	0,00	No conectado
Puerta norte (sección izquierda)	999999	6	0,00	No conectado
Tubería metálica (Instalación eléctrica)	240	4,8	0,36	No Aceptable
ÁREA EXTERNA				
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 2	4,6	12	46,96	Aceptable
Registro N° 3	999999		0,00	No conectado
Registro N° 4	999999		0,00	No conectado
Registro N° 5	999999		0,00	No conectado
Registro N° 6	999999		0,00	No conectado
Registro N° 7	999999		0,00	No conectado

FUENTE: Los autores

3.2.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 13 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Civil.

Instalación: Ingeniería Civil

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,6	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Área armarios seccionadores (1)	C	Up	7,20	84,00	90,00	86,75	10,41	Aceptable
2	Área armarios seccionadores (2)	C	Up	6,50	69,10	72,30	70,42	8,45	Aceptable
3	Área armarios seccionadores (3)	C	Up	10,10	133,40	134,70	133,67	16,04	Aceptable
4	Área cárcamo y rejilla	C	Up	7,20	75,20	79,10	76,84	9,22	Aceptable

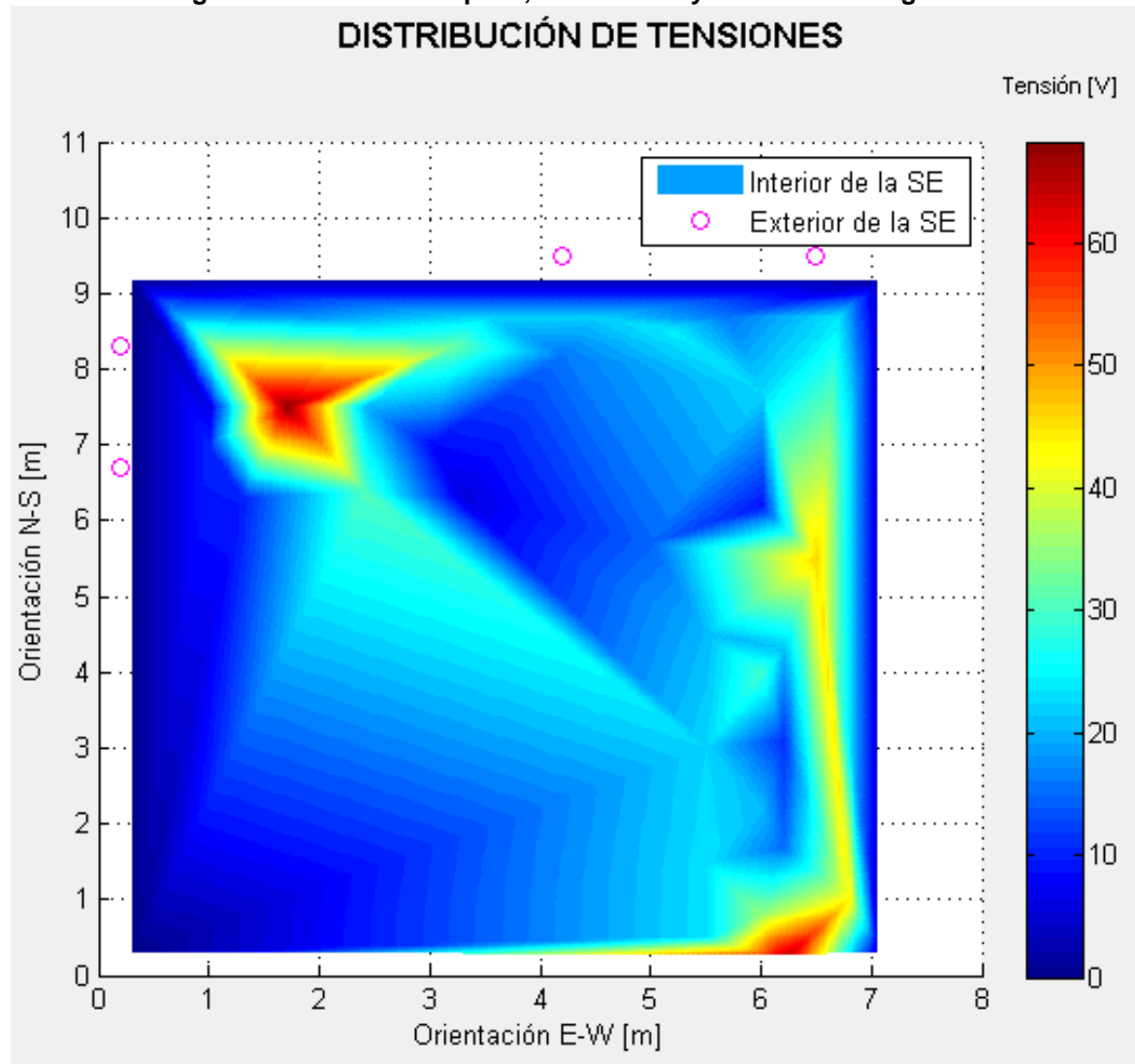
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Foso de inspección	C	Up	4,60	124,70	121,50	123,02	14,76	Aceptable
6	Área tableros de distribución (1)	C	Up	12,40	167,20	173,60	169,98	20,40	Aceptable
7	Área tableros de distribución (2)	C	Up	12,10	193,10	180,50	186,51	22,38	Aceptable
8	Área tableros de distribución (3)	C	Up	10,00	193,30	192,40	192,59	23,11	Aceptable
9	Puerta de acceso Norte sección derecha	C	Uc	9,50	182,40	191,10	186,56	22,39	Aceptable
10	Puerta de acceso Norte sección izquierda	C	Uc	5,60	181,70	183,40	182,47	21,90	Aceptable
11	Armario seccionadores química	C	Uc	2,20	172,30	168,90	170,59	20,47	Aceptable
12	Armario seccionadores principal	C	Uc	4,50	47,80	50,90	49,17	5,90	Aceptable
13	Armario seccionadores civil	C	Uc	3,20	46,70	48,70	47,60	5,71	Aceptable
14	Armario seccionadores planta de aceros	C	Uc	7,40	78,90	84,50	81,41	9,77	Aceptable
15	Armario principal B.T	C	Uc	16,10	168,90	180,10	173,85	20,86	Aceptable
16	Armario tablero de distribución 1	C	Uc	5,60	92,10	94,20	92,99	11,16	Aceptable
17	Armario tablero de distribución 2	C	Uc	12,20	129,30	126,70	127,42	15,29	Aceptable
18	Puerta de acceso sur	C	Uc	12,40	194,50	193,20	193,45	23,21	Aceptable
19	Puerta cortafuegos transformador sección derecha	C	Uc	12,10	129,90	134,10	131,46	15,78	Aceptable
20	Puerta cortafuegos transformador sección izquierda	C	Uc	17,40	190,80	202,20	195,81	23,50	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
21	Damper cortafuego inferior	C	Uc	9,40	195,40	205,40	200,24	24,03	Aceptable
22	Cuba del transformador	C	Uc	2,50	194,20	180,90	187,65	22,52	Aceptable
23	Puerta Norte sección derecha- Armario seccionadores química	C	Ud	3,50	267,40	271,80	269,59	32,35	Aceptable
24	Armario seccionadores química- seccionadores principal	C	Ud	12,50	567,40	570,10	568,61	68,23	Aceptable
25	Armario seccionadores aceros- Armario seccionadores civil	C	Ud	6,50	264,50	243,90	254,33	30,52	Aceptable
26	Tablero principal B.T-Tablero distribución 1	C	Ud	12,60	242,90	249,50	245,90	29,51	Aceptable
27	Tablero distribución 1- Tablero distribución 2	C	Ud	16,50	170,90	171,10	170,20	20,42	Aceptable
28	Tablero distribución 2- Puerta Sur	C	Ud	27,40	290,40	302,20	295,09	35,41	Aceptable
29	Tapa cárcamo-Tablero principal B.T	C	Ud	35,40	367,60	403,30	384,24	46,11	Aceptable
30	Tapa cárcamo-Tablero distribución 2	C	Ud	5,40	356,90	365,70	361,29	43,35	Aceptable
31	Tapa cárcamo-Puerta sur	C	Ud	14,40	560,50	555,40	557,77	66,93	Aceptable
32	Anden Norte (1)	C	Up	29,40	350,20	385,20	366,94	44,03	Aceptable
33	Anden Norte (2)	C	Up	28,40	294,40	275,90	283,88	34,07	Aceptable
34	Anden Oriente (1)	C	Up	30,50	354,10	346,90	349,19	41,90	Aceptable
35	Anden Oriente (2)	C	Up	19,40	374,20	349,90	361,73	43,41	Aceptable

FUENTE: Los autores

En la Figura 23 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 23 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Civil.














FUENTE: Los autores









3.2.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Punto de conexión y medición inaccesible.	Caja de inspección No.1	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
  		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Conexión inadecuada	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
  		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Punto de conexión y medición inaccesible.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.2	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
5	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
6	Conexión inadecuada	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 5	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
8	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 6	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
  		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
9	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 7	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
  		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 8	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
11	Conexión equipotencial no existente.	Damper cortafuego superior, cuarto del transformador	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
12	Conexión equipotencial no existente.	Bandeja portacable media tensión	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Conexión equipotencial no existente.	Damper cortafuego inferior, cuarto del transformador	RETIE 15.2 a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
14	Conexión equipotencial no existente.	Puerta cortafuegos sección 1.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
15	Conexión equipotencial no existente.	Puerta cortafuegos sección 2.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Conexión equipotencial no existente.	Puerta acceso zona armarios.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
17	Conexión equipotencial no existente.	Armario tablero general, puerta 1.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
18	Conexión equipotencial no existente.	Armario tablero general, puerta 2.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Conexión equipotencial no existente.	Armario tablero general, puerta 3.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
20	Conexión inadecuada.	Bandeja portacable baja tensión.	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		
21	Conexión equipotencial no existente.	Puerta acceso sur zona armarios	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
22	Conexión equipotencial no existente.	Cable XLPE media tensión seccionadores Ing. Civil.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte la tierra del cable XLP con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
23	Conexión equipotencial no existente.	Damper comunicación zona transformador – zona armarios.	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
24	Ausencia de conductores bajantes	Pararrayos azotea.	RETIE 18.3.2	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: No existen conductores bajantes que conecten el sistema de apantallamiento con el sistema de puesta a tierra.</p>		

3.2.6 Recomendaciones y presupuesto

Anomalía No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la caja de inspección de la puesta a tierra	\$ 32.000	1
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura.	\$ 98.600	3
3	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
4	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la caja de inspección de la puesta a tierra	\$ 32.000	1
5	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
6	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
7	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
8	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
9	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
10	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
11	Equipotencializar dámper cortafuego mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
12	Equipotencializar bandeja portacable mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
13	Equipotencializar dámper cortafuego mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
14	Equipotencializar hoja derecha de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6

Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
15	Equipotencializar hoja izquierda de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
16	Equipotencializar puerta de acceso al cuarto de armarios mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
17	Equipotencializar puerta de armarios mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
18	Equipotencializar puerta de armarios mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
19	Equipotencializar puerta de armarios mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
20	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar unión por conector certificado.	\$ 29.400	15
21	Equipotencializar puerta de acceso sur a la zona de armarios mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
22	Equipotencializar cable XLPE seccionadores Ing. Civil mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
23	Equipotencializar el dámper que comunica el cuarto del transformador con el cuarto de armarios mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
24	Instalar conductores bajantes de la punta captadora y equipotencializar mediante conductor #2/0 desnudo.	\$ 3'521.000	9
25	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas) por conductor #6 THHN y conductor 2/0 THHN.	\$ 5'106.700	10
TOTAL		\$ 9'834.500	

3.3 INGENIERÍA QUÍMICA

Subestación eléctrica ubicada en el costado norte del edificio, colindado con el paso peatonal y la zona verde de sus inmediaciones. Se puede acceder de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En un área de 12.9 m² se localiza el transformador trifásico de 225 KVA marca SIEMENS de 13200V/(228-132)V $\pm 2*2.5\%$, además de ello un tablero general y la caja cortacircuitos trifásica 15 KV que interconecta esta subestación con la subestación de Ing. Civil de donde toma su alimentación en media tensión, otras partes metálicas de importancia dentro de la subestación son la puerta de acceso, los barrajes neutros y de tierra, la cuba del transformador, cable XLPE, bandeja porta cable, rejilla y estructuras de soporte entre otras.

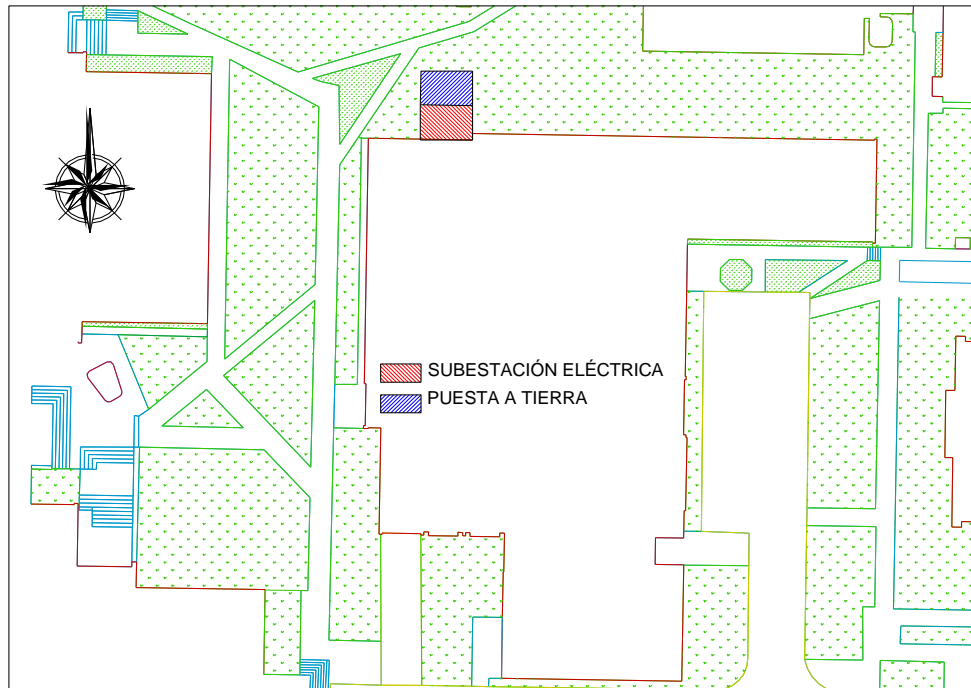
En el seguimiento visual que se realizó no se contemplaron puntas captadoras que formen parte del sistema de apantallamiento de la edificación, así como equipo de respaldo ante falla en el suministro principal de la subestación como planta eléctrica o algún otro grupo electrógeno.

Inspeccionado la periferia de la subestación lugar donde se encuentra la puesta a tierra, se observa la alta concentración de escombros y basuras, la falta de poda de la hierba y el muy mal estado de las cajas de inspección sin el mantenimiento y sin una marcación.

La puesta a tierra consta de 4 cajas de inspección localizadas en las inmediaciones de la subestación en el costado norte del edificio en la zona verde en una disposición rectangular formando una retícula, cada una de estas cajas se relaciona con su electrodo conformado con una varilla copperweld de cobre de 5/8" se acopla mediante soldadura exotérmica a los conductores de cobre # 2/0.

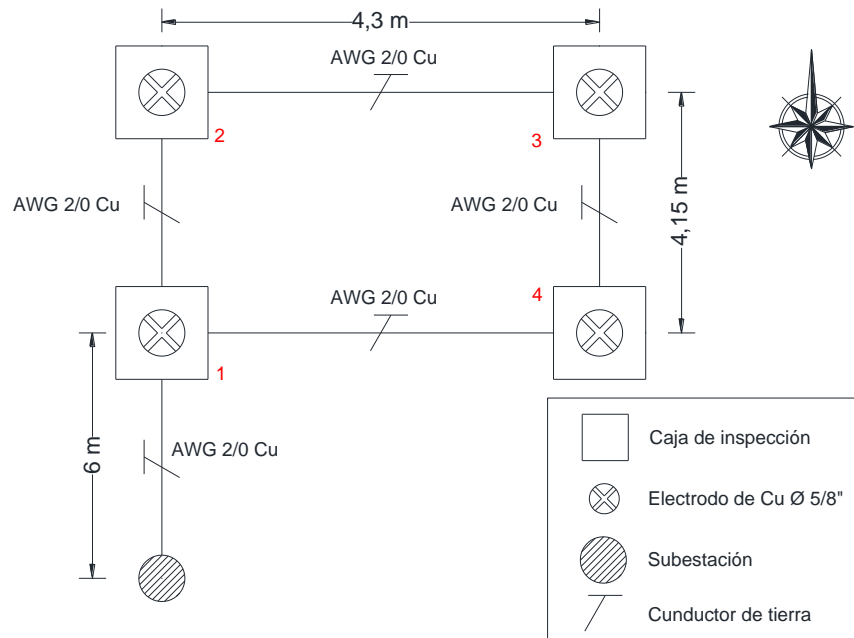
3.3.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 24 Ubicación subestación y puesta a tierra Ing. Química



Fuente: Los autores

Figura 25 Detalle puesta a tierra Ing. Química



Fuente: Los autores

3.3.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 14 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Ing. Química.

Instalación: Ingeniería Química

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Septiembre 27 de 2011



Sentido de la medida: (Oriente - Occidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,65	0,61	0,64	0,63
4	0,71	0,71	0,68	0,70
6	0,74	0,73	0,72	0,73
8	0,77	0,77	0,78	0,77
10	0,88	0,88	0,86	0,87
12	0,9	0,92	0,95	0,92
14	0,97	0,97	1,04	0,99
16	0,98	1,13	1,05	1,05
18	1,15	1,15	1,15	1,15
20	1,01	1,04	1,14	1,06
22	1,07	1,06	1	1,04
24	1,04	1,03	1,07	1,05
26	1,15	1,11	1,09	1,12
28	1,22	1,27	1,2	1,23
30	1,21	1,45	1,37	1,34
32	1,36	1,28	1,36	1,33
34	1,52	1,48	1,54	1,51
36	2,04	1,98	1,96	1,99
38	3,09	2,85	3,03	2,99
40	4,87	5,07	5,1	5,01
42	5,08	5,02	5,05	5,05
44	10,64	10,55	10,49	10,56
46	24,1	22,3	23,5	23,30

Fuente: Los autores

Tabla 15 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N-S) Ing. Química.

Instalación: Ingeniería Química

Ciudad: Bucaramanga

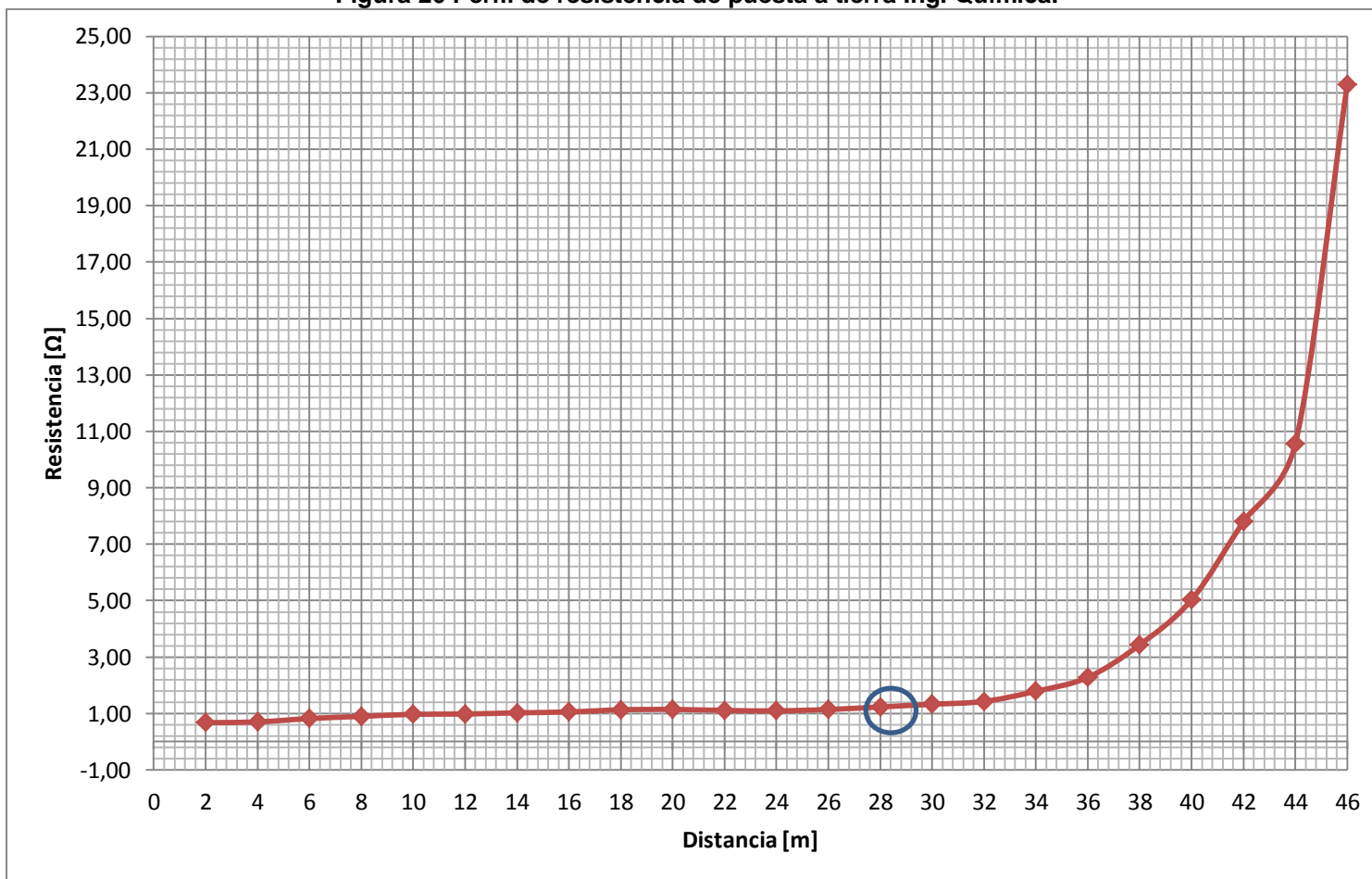
Fecha: Septiembre 27 de 2011



Sentido de la medida: (Norte - Sur)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,71	0,75	0,69	0,72
4	0,71	0,71	0,68	0,70
6	0,86	0,94	0,93	0,91
8	0,96	1,07	1,03	1,02
10	1,05	1,12	1,03	1,07
12	0,99	1,04	1,08	1,04
14	1,06	0,98	1,12	1,05
16	0,98	1,13	1,05	1,05
18	1,12	1,12	1,09	1,11
20	1,19	1,26	1,22	1,22
22	1,18	1,13	1,2	1,17
24	1,13	1,17	1,12	1,14
26	1,12	1,25	1,12	1,16
28	1,24	1,16	1,3	1,23
30	1,37	1,27	1,29	1,31
32	1,45	1,57	1,54	1,52
34	2,04	2,06	2,08	2,06
36	2,69	2,48	2,52	2,56
38	3,89	3,83	3,91	3,88
40	5,08	5,02	5,05	5,05
42	10,64	10,55	10,49	10,56
44	10,64	10,55	10,49	10,56
46	24,1	22,3	23,5	23,30

Fuente: Los autores

Figura 26 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ing. Química.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 0,79 Ω. De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.3.3 Medidas de continuidad

Tabla 16 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ing. Química.

Instalación: Edificio Ing. Química

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Noviembre 15 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,6	kA
Sección Mínima del Conductor	9,106	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cable XLPE				No medido
Cuba del transformador	6,2	6	17,42	Aceptable
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN				
Barraje de neutro	7,3	5	12,33	Aceptable
Barraje	5,3	5	16,98	Aceptable
Chasis	159,3	4,5	0,51	No Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Soporte bandeja portacable	999999	6,5	0,00	No conectado
Cercha	999999	7,5	0,00	No conectado
Canal aguas lluvias	999999	6,3	0,00	No conectado
Puerta	999999	7,2	0,00	No conectado
Soporte cortacircuitos	999999	8,9	0,00	No conectado
ÁREA EXTERNA				
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Registro N° 2	5	4,15	14,94	Aceptable
Registro N° 3	5,5	8,45	27,65	Aceptable
Registro N° 4	5,3	4,3	14,60	Aceptable

Fuente: Los autores

3.3.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 17 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Química.

Instalación: Ingeniería Química

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,6	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

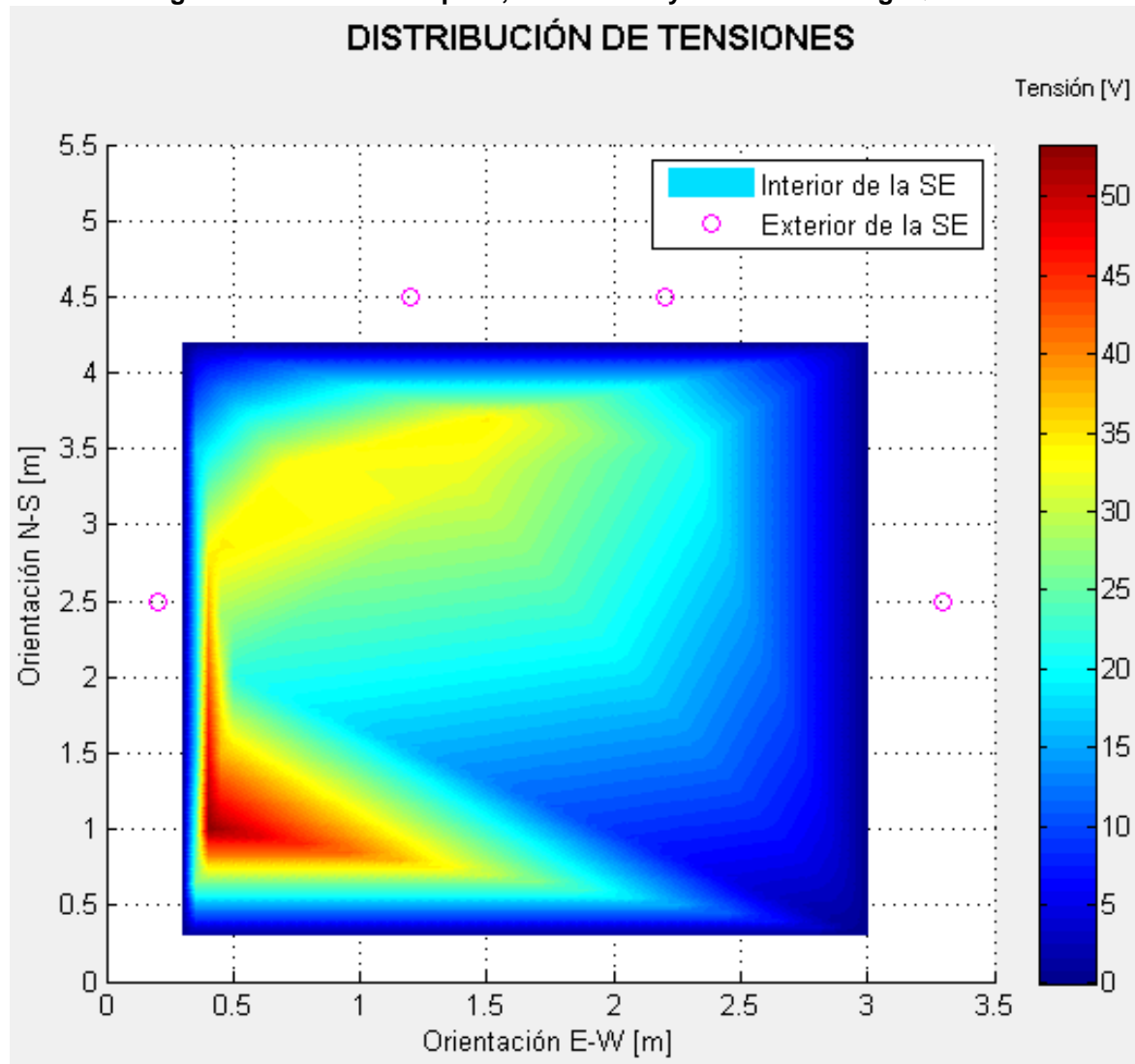
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de la subestación (1)	c	Up	5,00	176,10	184,10	180,08	21,61	Aceptable
2	Cuarto de la subestación (2)	c	Up	6,40	178,20	181,80	179,90	21,59	Aceptable
3	Puerta de acceso a la subestación	c	Uc	157,00	467,10	475,60	444,45	53,33	Aceptable
4	Chasis Tablero General	c	Uc	45,60	273,20	284,80	275,31	33,04	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Cuba del Transformador	c	Uc	3,40	260,10	270,20	265,18	31,82	Aceptable
6	Bandeja Portacable	c	Uc	4,20	285,40	286,90	286,12	34,33	Aceptable
7	Puerta de acceso a la subestación- Chasis Tablero General	c	Ud	56,00	289,00	296,00	287,11	34,45	Aceptable
8	Zona Externa norte subestación (1)	T	Up	7,80	189,10	188,40	188,59	22,63	Aceptable
9	Zona Externa norte subestación (2)	T	Up	5,60	198,40	196,70	197,47	23,70	Aceptable
10	Zona Externa oriente subestación	T	Up	6,70	189,70	192,50	190,99	22,92	Aceptable
11	Zona Externa occidente subestación	T	Up	7,80	192,20	193,10	192,49	23,10	Aceptable

Fuente: Los autores




En la Figura 27 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 27 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Química.




Fuente: Los autores

3.3.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
2	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
			<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>	
5	Conexión equipotencial no existente.	Bandeja portacable baja tensión.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	
6	Conexión equipotencial no existente.	Estructura de soporte	RETIE 15.2 a	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Conexión equipotencial no existente.	Puerta de acceso a la subestación.	15.2 a	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

3.3.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
4	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
5	Equipotencializar bandeja portacable mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
6	Equipotencializar estructura de soporte mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
7	Equipotencializar puerta de acceso de la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
8	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #6 THHN.	.\$ 2'928.500	11
TOTAL		\$ 3'432.700	

3.4 JORGE BAUTISTA VESGA

Subestación eléctrica ubicada en el costado norte del edificio, colindando con el paso peatonal y la zona verde adyacente a ella. Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En un área de 9.46m^2 se localiza el transformador trifásico de 150 KVA marca ABB de $13200\text{V}/(214-123,5)\text{V}\pm 2*2.5\%$, además de ello un tablero general y la caja cortacircuitos trifásica 15 KV que interconecta esta subestación con la principal (Ing. eléctrica) de donde toma su alimentación en media tensión, otras partes metálicas de importancia dentro de la subestación son la puerta de acceso, los barrajes neutros y de tierra, la cuba del transformador, cable XLPE, bandeja portacable, rejilla y estructuras de soporte entre otras.

En el seguimiento visual que se realizó no se contemplaron puntas captadoras que formen parte del sistema de apantallamiento de la edificación, así como equipo de respaldo ante falla en el suministro principal de la subestación como planta eléctrica o algún otro grupo electrógeno.

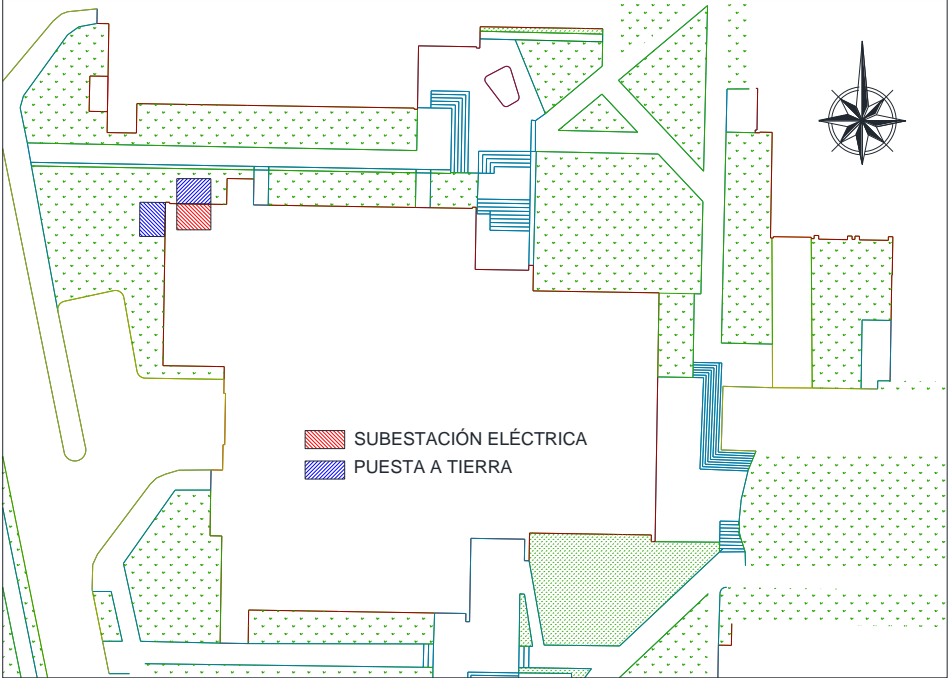
Inspeccionado la periferia de la subestación lugar donde se encuentra la puesta a tierra, se observa la alta concentración escombros y basuras, la falta de poda de la hierba y el muy mal estado de las cajas de inspección sin el mantenimiento y la marcación necesaria

La puesta a tierra consta de 9 cajas de inspección localizadas en las inmediaciones de la subestación, en el costado norte del edificio en la zona verde se encuentran 4 de ellas en disposición rectangular formando una retícula, 3 de estos puntos conformados por varillas copperweld de cobre se $5/8''$ y la restante como puntos conexión exotérmica interconectadas con conductores de cobre # 2/0 y las otras 5 de ellas en una disposición no uniforme al costado occidental de

la subestación, 4 de estos puntos conformados por varillas copperweld de cobre se 5/8" y la restante es un punto de conexión exotérmica interconectado entre conductores de cobre # 2/0.

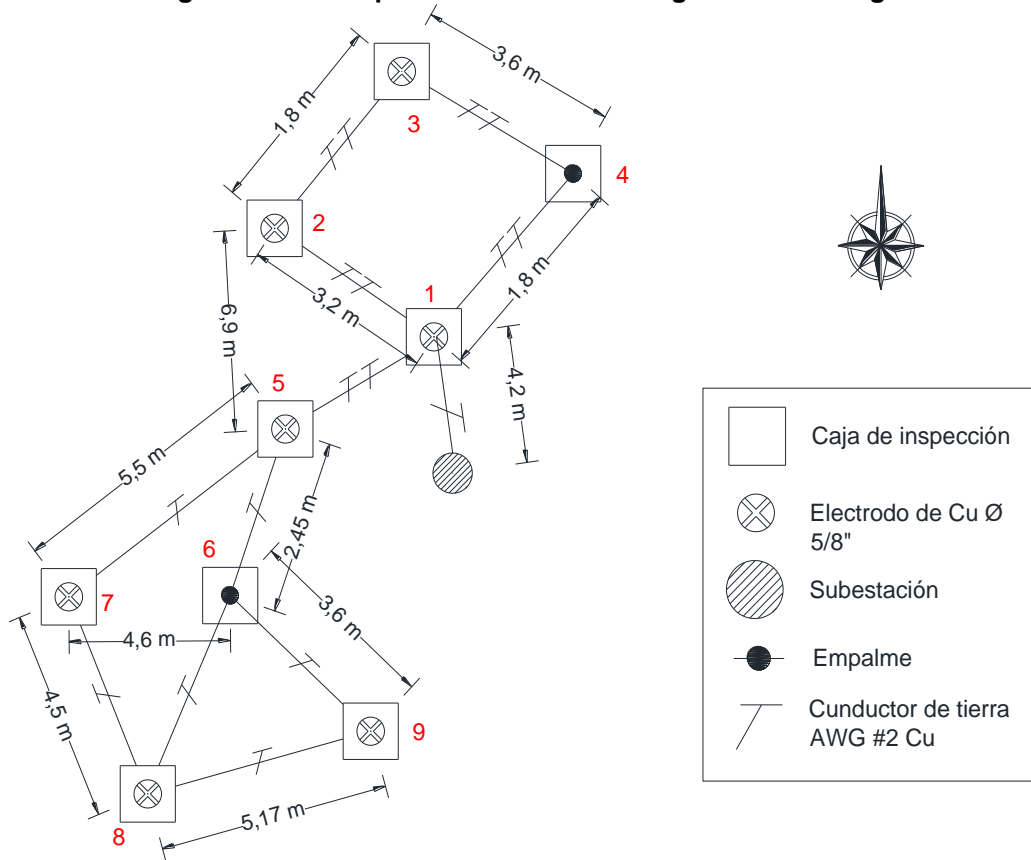
3.4.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 28 Ubicación subestación y puesta a tierra Edif. Jorge Bautista Vesga



Fuente: Los autores

Figura 29 Detalle puesta a tierra Edif. Jorge Bautista Vesga



Fuente: Los autores

3.4.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 18 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N-S) Edif. Jorge B. Vesga.

Instalación: Edificio Jorge Bautista Vesga

Ciudad: Bucaramanga

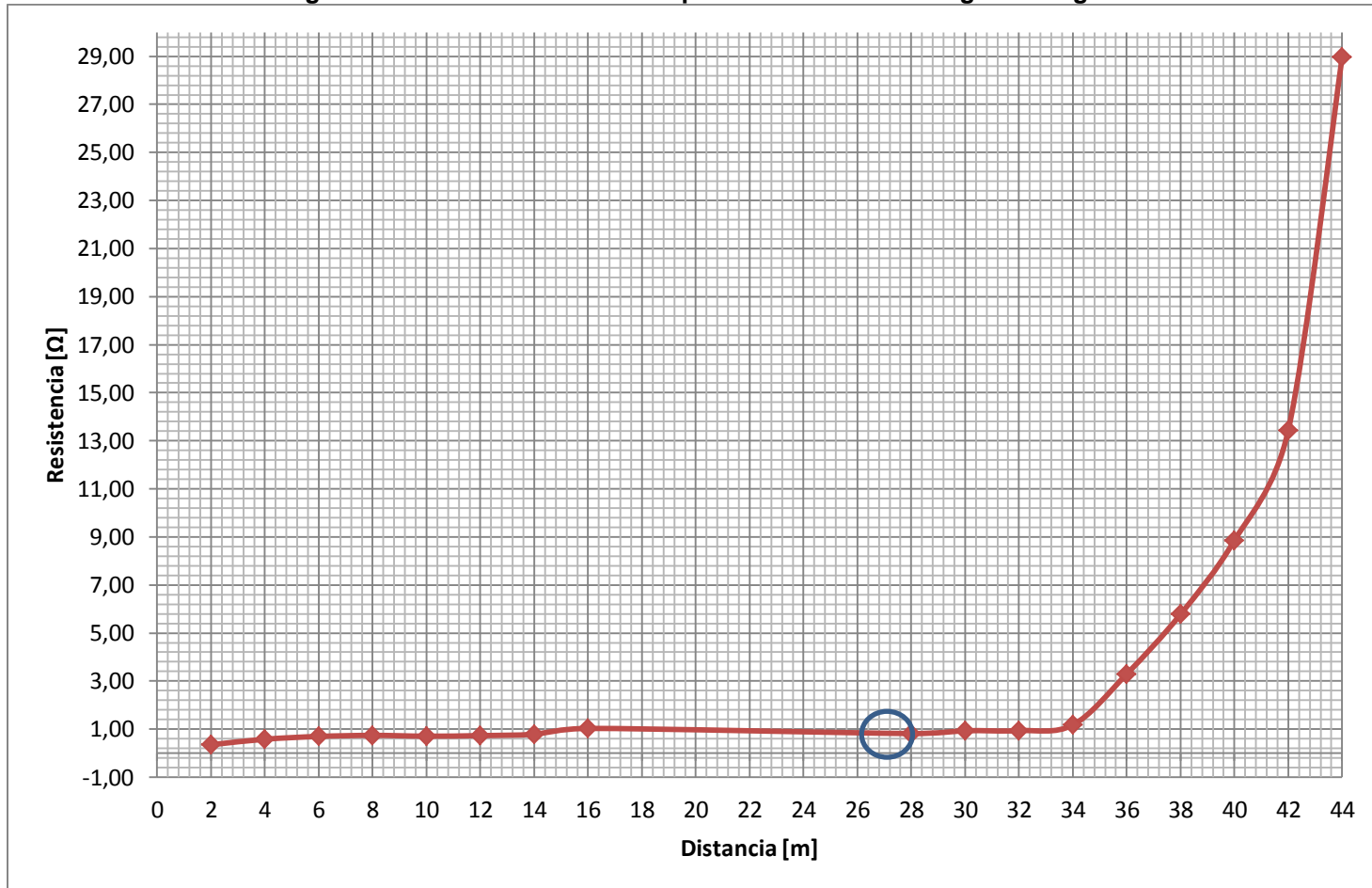
Fecha: Septiembre 27 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Norte - Sur)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,34	0,35	0,36	0,35
4	0,58	0,58	0,58	0,58
6	0,69	0,7	0,7	0,70
8	0,74	0,74	0,74	0,74
10	0,71	0,7	0,71	0,71
12	0,73	0,73	0,73	0,73
14	0,8	0,78	0,78	0,79
16	1,03	1,03	1,03	1,03
28	0,83	0,81	0,81	0,82
30	0,9	0,95	0,95	0,93
32	0,95	0,92	0,94	0,94
34	1,19	1,17	1,16	1,17
36	3,39	3,24	3,25	3,29
38	5,79	5,78	5,77	5,78
40	8,86	8,85	8,86	8,86
42	13,4	13,45	13,46	13,44
44	29	29	28,9	28,97

Fuente: Los autores

Figura 30 Perfil de resistencia de puesta a tierra Edif. Jorge B. Vesga.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 0,79 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítuló 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.4.3 Medidas de continuidad

Tabla 19 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Edif. Jorge B. Vesga.

Instalación: Jorge Bautista Vesga

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Noviembre 15 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,6	kA
Sección Mínima del Conductor	9,106	mm ²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador				No medido
Cable XLPE				No medido
TABLERO GENERAL DE B.T.				
Barraje de tierra inferior	57,7	3,7	1,15	No Aceptable
Barraje de tierra superior	5,32	3,8	12,86	Aceptable
Barraje de neutro	5,32	3,8	12,86	Aceptable
Bandeja portacable de B.T.	999999	6,2	0,00	No conectado
Chasis	999999	3,4	0,00	No conectado
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta (sección derecha)	999999	5	0,00	No conectado
Puerta (sección izquierda)	999999	2,5	0,00	No conectado
Ventana	999999	4,1	0,00	No conectado
ÁREA EXTERNA				
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Registro N° 2	0,8	3,2	72,00	Aceptable
Registro N° 3	2,2	5	40,91	Aceptable
Registro N° 4	1,2	1,8	27,00	Aceptable
Registro N° 5	59	7,1	2,17	No Aceptable
Registro N° 6	56,7	9,55	3,03	No Aceptable
Registro N° 7	56,6	12,6	4,01	No Aceptable
Registro N° 8	60,2	17,1	5,11	No Aceptable
Registro N° 9	61,4	13,15	3,86	No Aceptable

Fuente: Los autores

3.4.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 20 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Jorge B. Vesga.

Instalación: Jorge B. Vesga

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,6	KA
Intensidad de la inyección	30	A

Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Valores máximos admisibles [V]		
		Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

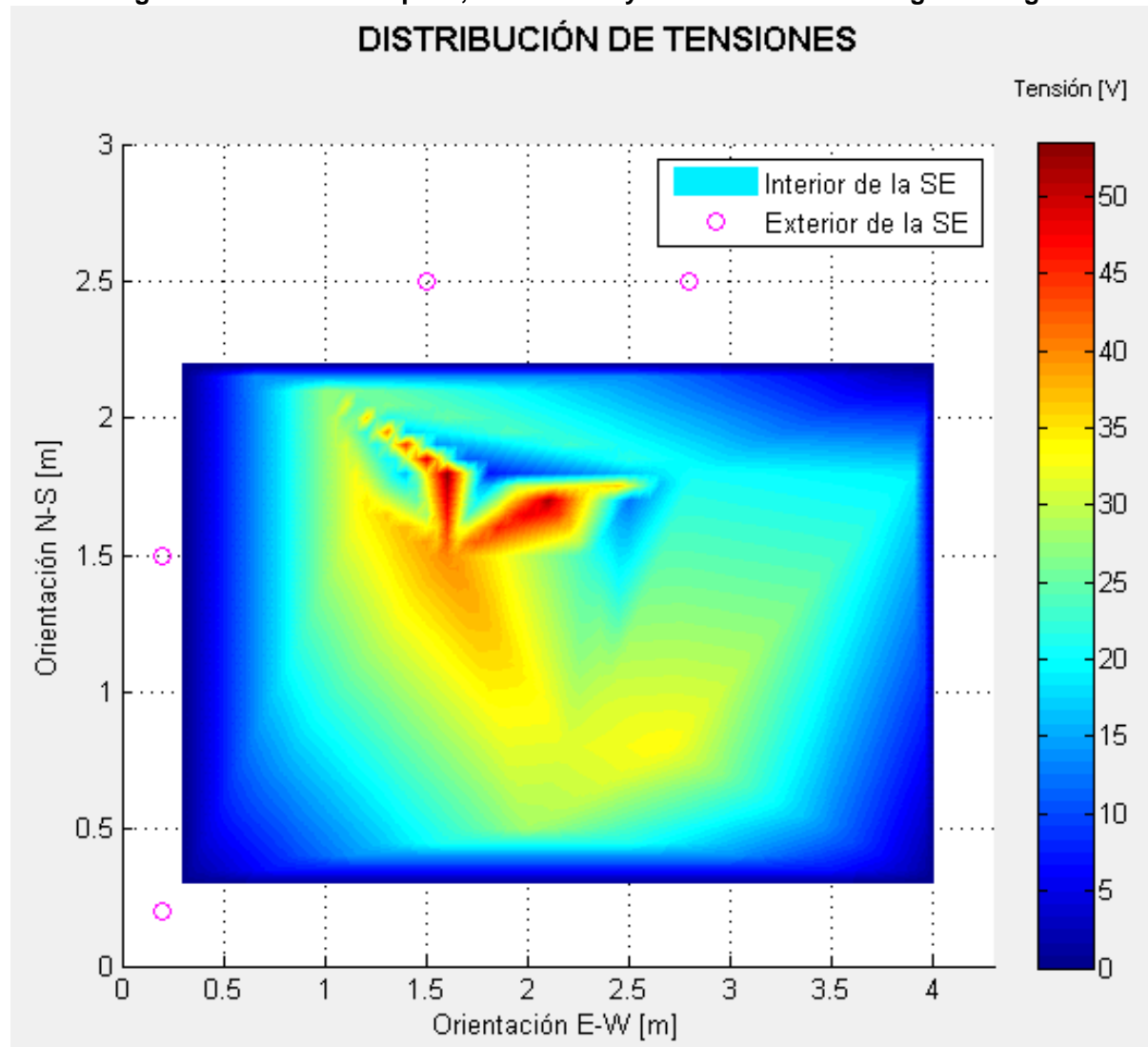
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de la subestación (1)	c	Up	12,40	184,50	188,90	186,30	22,36	Aceptable
2	Cuarto de la subestación (1)	c	Up	13,40	167,10	177,80	172,01	20,64	Aceptable
3	Cuarto de la subestación (3)	c	Up	11,00	157,20	157,80	157,12	18,85	Aceptable
4	Puerta de Acceso sección derecha a la Subestación	c	Uc	65,20	447,50	452,10	445,06	53,41	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Puerta de Acceso sección izquierda a la Subestación	c	Uc	65,20	432,10	444,10	433,26	51,99	Aceptable
6	Ventana	c	Uc	12,00	220,40	235,80	227,91	27,35	Aceptable
7	Capsula del transformador	c	Uc	3,00	104,50	102,90	103,66	12,44	Aceptable
8	Chasis del Tablero General	c	Uc	16,00	225,40	245,20	234,96	28,20	Aceptable
9	Ventana-Tablero General	c	Uc	34,00	289,00	298,00	291,56	34,99	Aceptable
10	Ventana-Puerta de Acceso sección derecha	c	Ud	22,00	134,50	136,00	133,45	16,01	Aceptable
11	Puerta de Acceso sección derecha - sección izquierda	c	Ud	35,00	69,00	69,00	59,46	7,14	Aceptable
12	Puerta de Acceso sección derecha - Chasis Tablero	c	Ud	134,00	356,00	364,00	334,16	40,10	Aceptable
13	Tablero General -encapsulamiento Transformador	c	Ud	34,00	256,70	257,60	254,89	30,59	Aceptable
14	Tapa Cárcamo-Tablero General	c	Ud	46,10	256,00	276,00	262,17	31,46	Aceptable
15	Tapa Cárcamo-encapsulamiento Transformador	c	Ud	35,40	278,90	282,00	278,21	33,39	Aceptable
16	Zona Externa norte subestación (1)	T	Up	35,60	167,40	168,50	164,13	19,70	Aceptable
17	Zona Externa norte subestación (2)	T	Up	36,40	187,30	183,40	181,75	21,81	Aceptable
18	Zona Externa occidente (1) subestación	T	Up	45,10	189,20	192,30	185,35	22,24	Aceptable
19	Zona Externa occidente (2) subestación	T	Up	42,10	178,90	179,40	174,13	20,90	Aceptable




Fuente: Los autores




En la Figura 31 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 31 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Jorge B. Vesga.









3.4.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		





No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Ausencia de tapa removible	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
5	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
6	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Ausencia de tapa removible	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
8	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
9	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		






No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
11	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 5	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
12	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 5	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 6	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
14	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 6	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
15	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 7	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Ausencia de tapa removible.	Caja de inspección No. 7	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
17	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 7	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
18	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 8	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Ausencia de tapa removible.	Caja de inspección No. 8	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
20	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 8	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
21	Punto de conexión y medida inaccesible.	Caja de inspección No. 9	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
22	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 9	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
			<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>	
23	Conexión equipotencial no existente.	Puerta de acceso a subestación.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	
24	Conexión equipotencial no existente.	Ventana subestación.	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
25	Barraje no aislado.	Barraje equipotencial	RETIE 15.3.3 e	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		
26	Conexión equipotencial no existente.	Armario tablero general.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
27	Conexión equipotencial no existente.	Estructura de soporte	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
28	Conexión equipotencial no existente.	Bandeja portacable baja tensión	RETIE 15.2 a	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

3.4.6 Recomendaciones y presupuesto

Anomalía No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra.	\$ 32.000	1
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura.	\$ 98.600	3
3	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra.	\$ 32.000	1
4	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
5	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
6	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
7	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
8	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
9	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
10	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
11	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
12	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
13	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
14	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
15	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
16	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
17	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
18	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
19	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
20	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3

Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
21	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
22	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
23	Equipotencializar puerta de acceso de la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
24	Equipotencializar ventana de la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
25	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
26	Equipotencializar armario tablero general de la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
27	Equipotencializar estructura de soporte mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
28	Equipotencializar bandeja portacable de B.T. mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
29	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas) por conductor #6 THHN y conductor #2/0 THHN	\$ 1'746.750	12
TOTAL		\$ 3'401.100	

3.5 PLANTA DE ACEROS

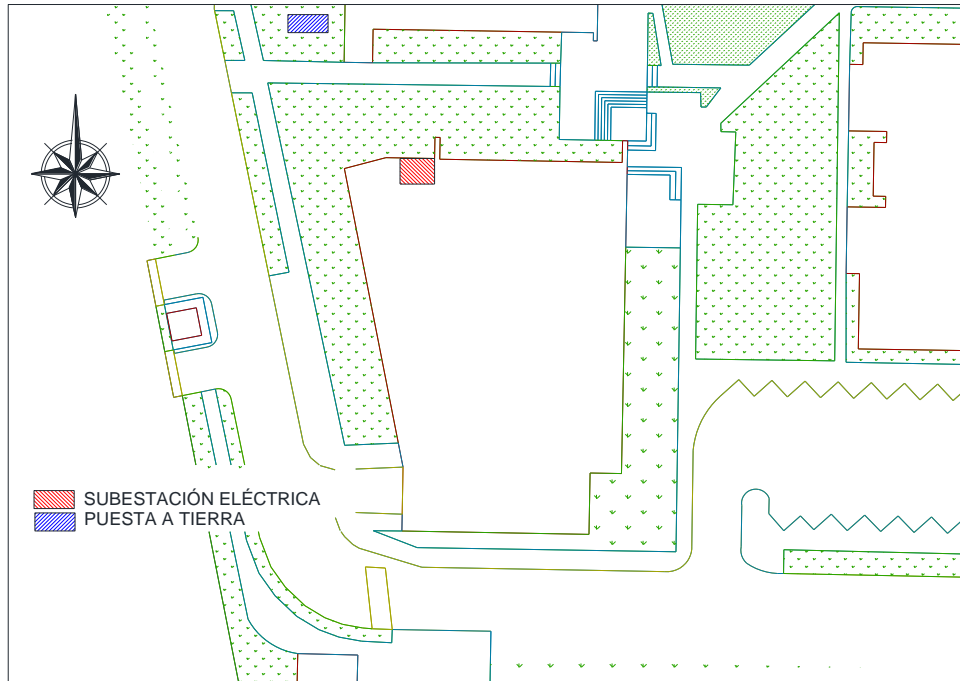
Subestación eléctrica ubicada en el costado norte del edificio, colindando con el paso peatonal, una zona vehicular al occidente y una pequeña zona verde adyacente a ella. Se puede acceder de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En un área de 16m² se localiza el transformador trifásico de 200 KVA marca ANDINA DE TRNASFORMADORES de 13200V/(208-120)V \pm 2*2.5%, además de ello un tablero general y seccionador dúplex 24 KV que interconecta esta subestación con las subestaciones de Camilo Torres e Ing. civil de donde toma su alimentación en media tensión para su uso final, otras partes metálicas de importancia dentro de la subestación son la puerta de acceso, los barrajes neutros y de tierra, la cuba del transformador, cable XLPE, bandeja portacable, rejilla y estructuras de soporte entre otras.

En el seguimiento visual que se realizó no se contemplaron puntas captadoras que formen parte del sistema de apantallamiento de la edificación, así como equipo de respaldo ante falla en el suministro principal de la subestación como planta eléctrica o algún otro grupo electrógeno. Inspeccionado la periferia de la subestación lugar donde se encuentra la puesta a tierra, se observa la alta concentración escombros y basuras, la falta de poda de la hierba y el muy mal estado de las cajas de inspección sin el mantenimiento y la demarcación necesaria. La puesta a tierra consta de 6 cajas de inspección localizadas al norte de la subestación en la zona verde que se encuentra a aproximadamente 20 m, y tiene una disposición rectangular formando dos retículas. 4 de estos puntos conformados con una varilla copperweld de cobre se 5/8" y las 2 restantes como puntos conexión exotérmica interconectadas con conductores de cobre # 2/0.

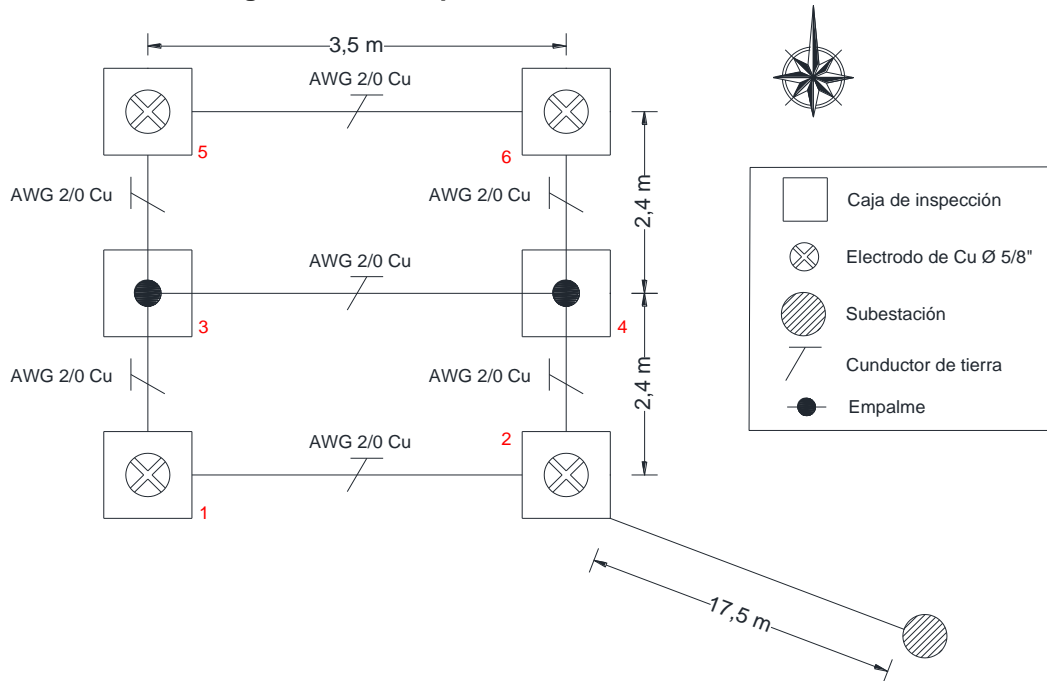
3.5.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 32 Ubicación subestación Planta de Aceros



Fuente: Los autores

Figura 33 Detalle puesta a tierra Planta de Aceros



Fuente: Los autores

3.5.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 21 Datos de resistencia de puesta a tierra Planta de Aceros.

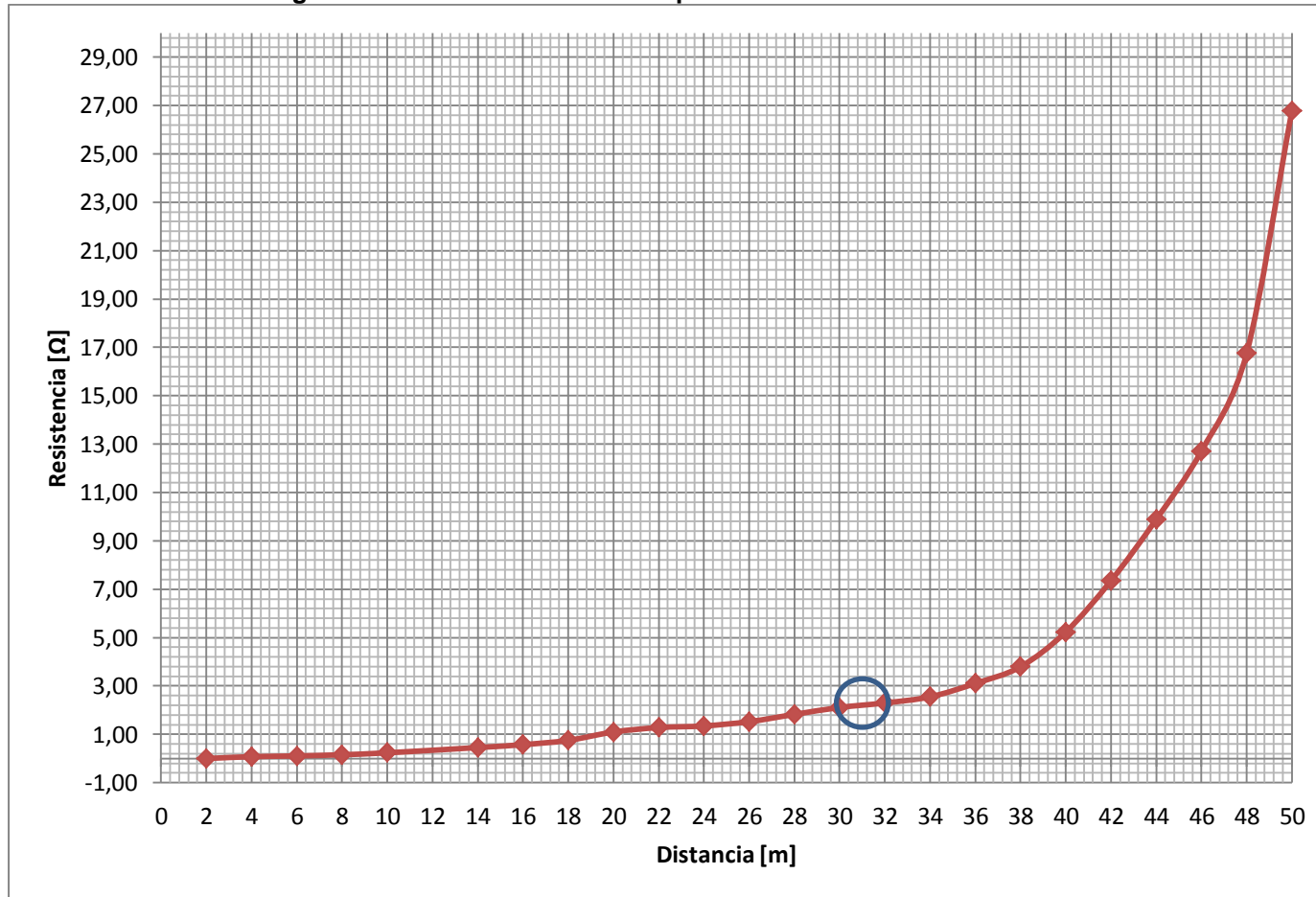
Instalación: Planta de aceros
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Septiembre 28 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Norte - Sur)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0	0	0	0,00
4	0,08	0,08	0,07	0,08
6	0,11	0,11	0,1	0,11
8	0,14	0,16	0,17	0,16
10	0,24	0,22	0,25	0,24
14	0,44	0,45	0,47	0,45
16	0,56	0,57	0,59	0,57
18	0,75	0,73	0,77	0,75
20	1,08	1,1	1,11	1,10
22	1,28	1,3	1,26	1,28
24	1,38	1,3	1,36	1,35
26	1,55	1,56	1,46	1,52
28	1,77	1,81	1,89	1,82
30	2,1	2,14	2,09	2,11
32	2,32	2,29	2,28	2,30
34	2,56	2,54	2,55	2,55
36	3,09	3,1	3,12	3,10
38	3,8	3,77	3,81	3,79
40	5,23	5,25	5,21	5,23
42	7,32	7,38	7,34	7,35
44	9,88	9,86	9,91	9,88
46	12,72	12,71	12,7	12,71
48	16,97	16,3	16,98	16,75
50	26,9	26,6	26,8	26,77

Fuente: Los autores

Figura 34 Perfil de resistencia de puesta a tierra Planta de Aceros.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 2,17 Ω. De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.5.3 Medidas de continuidad

Tabla 22 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Planta de Aceros.

Instalación: Planta de Aceros

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Noviembre 15 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,5	kA
Sección Mínima del Conductor	8,853	mm ²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador	25000	25,5	0,02	No Aceptable
Cable XLPE				No medido
SECCIONADORES				
Camilo Torres				No medido
Planta de Aceros				No medido
TABLERO GENERAL				
Barraje	20000	26	0,02	No Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Ventanas	999999	27	0,00	No conectado
Puerta	999999	24	0,00	No conectado
Cercha	999999	30	0,00	No conectado
Tubería galvanizada	999999	28	0,00	No conectado
ÁREA EXTERNA				
SISTEMA DE APANTALLAMIENTO				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Registro N° 2	2,7	3,5	23,33	Aceptable
Registro N° 3	3,4	2,4	12,71	Aceptable
Registro N° 4	3,5	5,9	30,34	Aceptable
Registro N° 5	3,5	4,8	24,69	Aceptable
Registro N° 6	5,8	8,3	25,76	Aceptable

Fuente: Los autores

3.5.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 23 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Planta de Aceros.

Instalación: Planta de Aceros

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,5	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

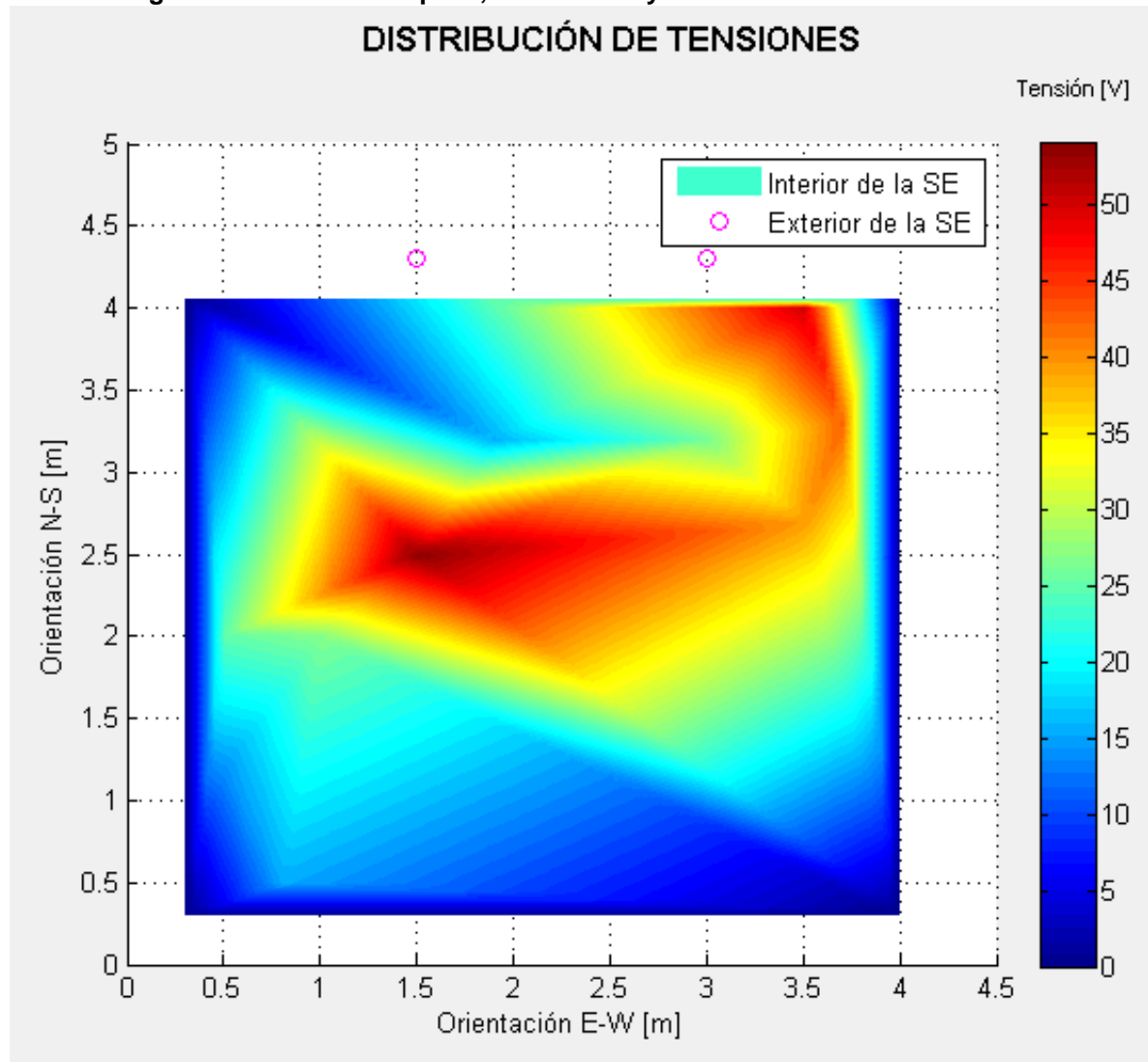
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de la subestación (1)	c	Up	11,30	232,10	215,70	223,76	26,11	Aceptable
2	Cuarto de la subestación (2)	c	Up	9,00	134,80	135,90	135,05	15,76	Aceptable
3	Puerta de acceso a la subestación	c	Uc	23,50	436,80	426,60	431,09	50,29	Aceptable
4	Chasis Tablero General	c	Uc	12,40	214,10	216,90	215,15	25,10	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Cuba del Transformador	c	Uc	165,00	490,80	492,90	463,35	54,06	Aceptable
6	Armario de Seccionadores	c	Uc	156,00	367,60	378,40	338,85	39,53	Aceptable
7	Ventanas	c	Uc	13,00	130,90	135,20	132,43	15,45	Aceptable
8	Armario de Seccionadores- Puerta de acceso	c	Ud	123,00	385,00	384,00	364,30	42,50	Aceptable
9	Cuba del Transformador-Chasis del Tablero General	c	Ud	132,00	265,00	267,00	230,94	26,94	Aceptable
10	Chasis Tablero General-Ventanas	c	Ud	13,20	121,40	123,10	121,54	14,18	Aceptable
11	Zona Externa norte subestación (1)	T	Up	9,80	123,80	126,40	124,72	14,55	Aceptable
12	Zona Externa norte subestación (2)	T	Up	13,50	156,80	159,70	157,68	18,40	Aceptable

Fuente: Los autores




En la Figura 35 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 35 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Planta de Aceros.






Fuente: Los autores




3.5.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Punto de medida y conexión inaccesible.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.2 d	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.3.3 c	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.3.3 c	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		





No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Punto de medida y conexión inaccesible.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.2 d	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
5	Ausencia de tapa removible.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.2 d	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
6	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.3 c	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Punto de medida y conexión inaccesible	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.2 d	11/10/2011
			<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>	
8	Ausencia de tapa removible.	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.2 d	11/10/2011
			<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>	
9	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.3.3 c	11/10/2011
			<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>	

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Punto de medida y conexión inaccesible	Caja de inspección No. 5	RETIE 15.2 d	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
11	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 5	RETIE 15.3.3 c	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
12	Punto de medida y conexión inaccesible	Caja de inspección No. 6	RETIE 15.2 d	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 6	RETIE 15.3.3 c	11/10/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
14	Conexión equipotencial no existente.	Puerta de acceso subestación.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
15	Conexión equipotencial no existente.	Estructura de soporte tejado.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Conexión equipotencial no existente.	Ventanas inferiores subestación.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
17	Conexión equipotencial no existente.	Ventanas superiores subestación.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
18	Conexión equipotencial no existente.	Tubería metálica.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Conexión equipotencial no existente.	Puerta armario seccionadores.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
20	Conexión inadecuada.	Barraje equipotencial.	RETIE 15. 3 3 c	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>

3.5.6 Recomendaciones y presupuesto

Anomalía No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
4	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
5	Instalación de tapa removible	\$ 44.000	2
6	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
7	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
8	Instalación de tapa removible	\$ 44.000	2
9	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
10	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
11	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
12	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
13	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
14	Equipotencializar la puerta de acceso a la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6

Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
15	Equipotencializar estructura de soporte del tejado mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
16	Equipotencializar ventanas inferiores de ventilación de la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
17	Equipotencializar ventanas superiores de ventilación de la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
18	Equipotencializar tuberías metálicas mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
19	Equipotencializar puerta del armario de los seccionadores mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
20	Soltar conexión y distribuir los conductores de manera adecuada en el barraje.	\$ 198.700	14
21	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas) por conductor #6 THHN.	\$ 1'883.500	13
TOTAL		3'140.200	

3.6 CAMILO TORRES

Subestación eléctrica ubicada en el costado occidental del edificio, colindando con el paso vehicular y un parqueadero, se divide en tres cuartos (tableros, transformador y planta eléctrica). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el cuarto de los tableros con área de 17.1 m^2 se hallan los tableros generales (regulado, aires y equipos y baja tensión) y un seccionador dúplex 13,2 KV que interconecta las subestaciones planta de aceros ingeniera mecánica y toma de allí su alimentación en media tensión, los principales puntos de atención para realizar el diagnóstico y enfocar las mediciones serán los barrajes de neutro y tierra, bandejas porta cable, puertas de acceso a los tableros, chasis de los armarios y una caja de inspección ubicada en este área.

En el segundo de los cuartos se encuentra el transformador trifásico de 500 KVA marca SIEMENS de 13200 V/ (220-127) $V \pm 2*2.5\%$, sobre un área 8.68 m^2 , allí se hará énfasis en la puerta corta fuego, cuba del transformador, cable XLPE, bandeja porta cables y dámper cortafuego.

En el último de los cuartos está la planta eléctrica marca CUMMINS referencia C300 D6, potencia trifásica 375 KVA /300 KW tensión 220/440 V sobre un área 19.38 m^2 aquí se tendrá en cuenta la puerta de acceso, el chasis de la planta, las transferencias y ventanas.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por 3 puntas captadoras y dos bajantes, además de ello poseen un anillo que interconecta dicho sistema.

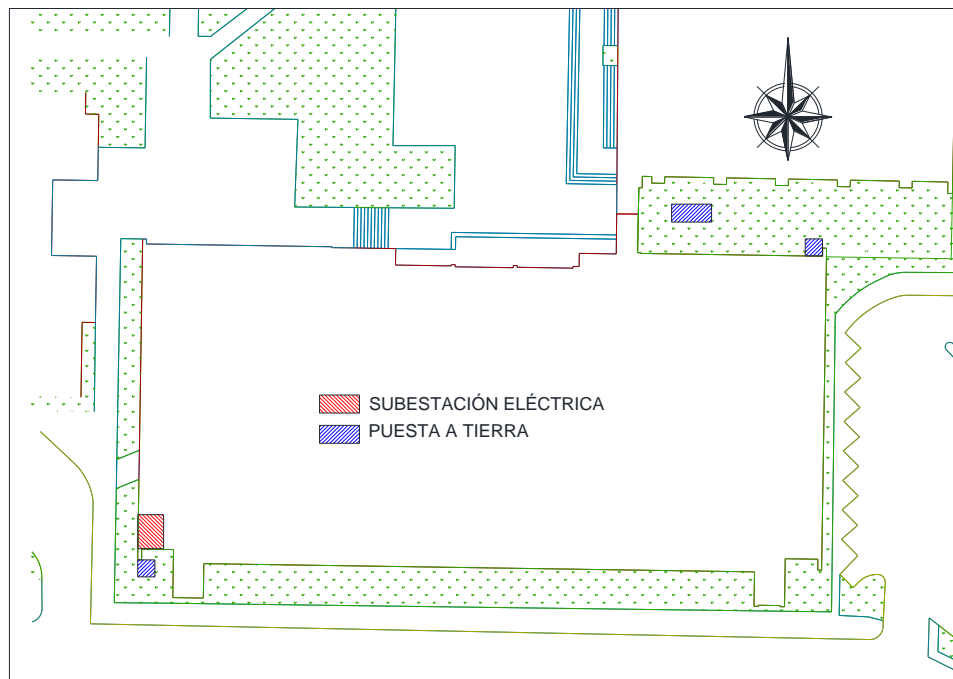
Inspeccionado la periferia de la subestación lugar donde se encuentra la puesta a tierra, se observa la alta concentración de escombros y basuras, la falta de poda

de la hierba y el muy mal estado de las cajas de inspección sin el mantenimiento y la demarcación necesaria

La puesta a tierra consta de 6 cajas de inspección, una de ellas ubicada en el cuarto de los armarios, otra de ellas en el pasillo externo que comunica los cuartos 1 y 2 (tableros y transformador) y finalmente las 4 restantes situadas en el costado oriental del edificio en un jardín interno de la edificación 3 de ellas en disposición triangular y la otra que las conecta al sistema de apantallamiento unida equipotencial. Todos estos puntos conformados por varillas copperweld de cobre de 5/8" y fijadas con puntos de conexión exotérmica interconectadas con conductores de cobre # 2/0.

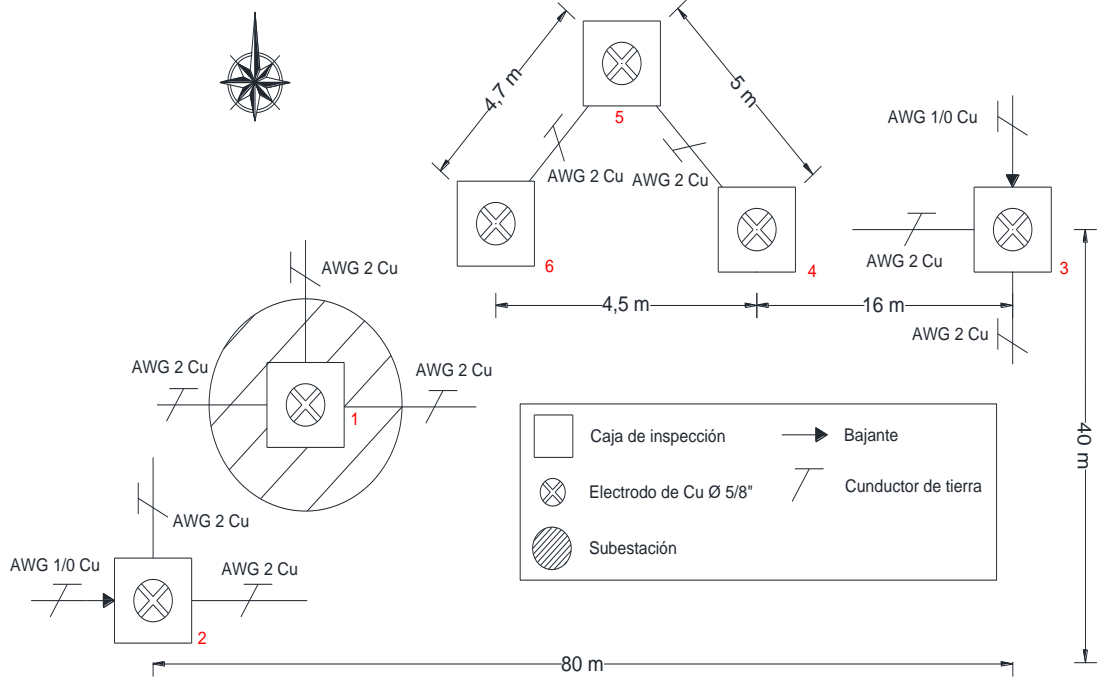
3.6.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 36 Ubicación subestación y puesta a tierra Edif. Camilo Torres



Fuente: Los autores

Figura 37 Detalle puesta a tierra Edif. Camilo Torres



Fuente: Los autores

3.6.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 24 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Edif. Camilo Torres.

Instalación: Edificio Camilo Torres

Ciudad: Bucaramanga

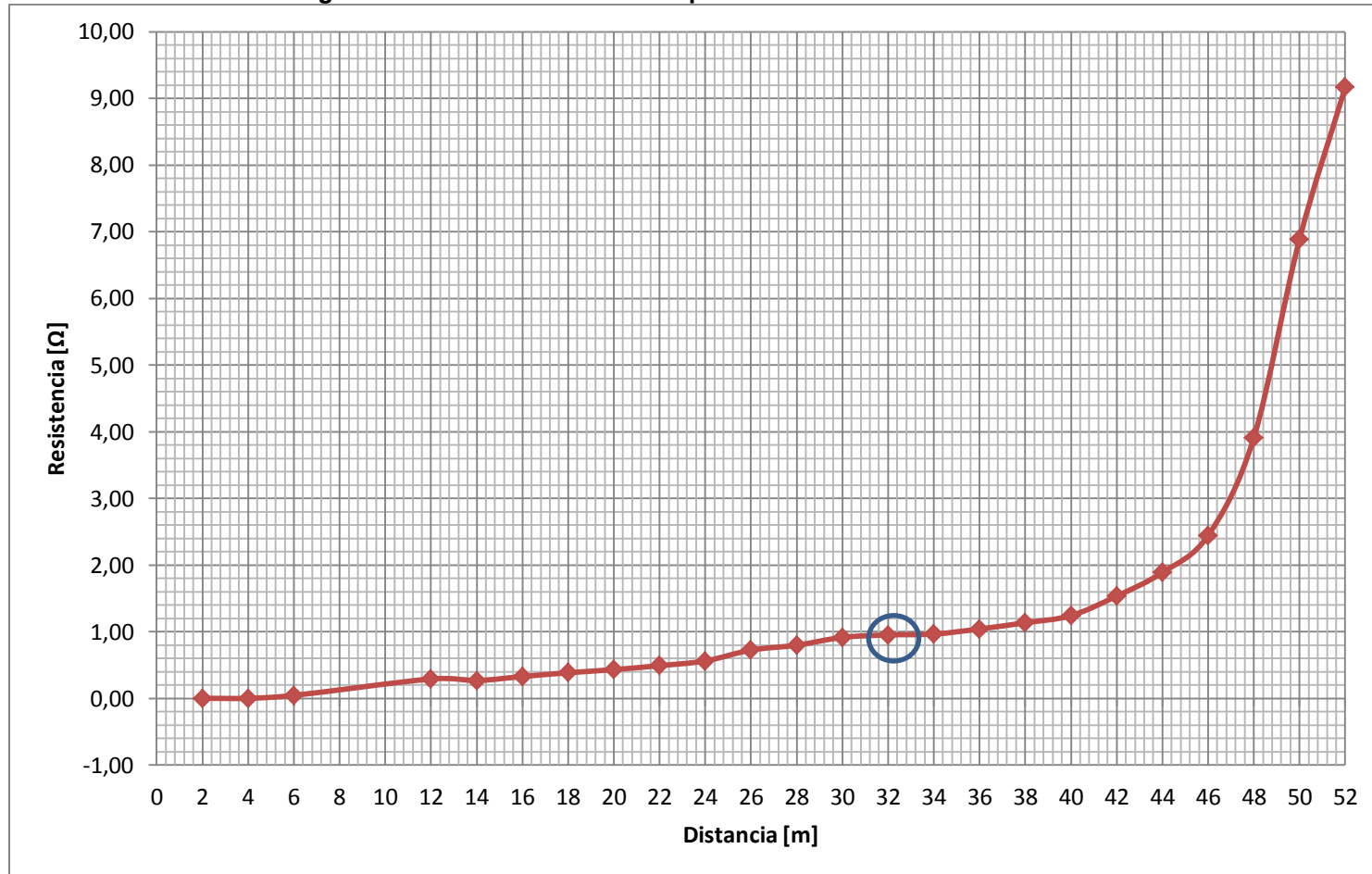
Fecha: Septiembre 28 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Oriente - Occidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0	0	0	0,00
4	0	0	0	0,00
6	0,06	0,06	0,01	0,04
12	0,29	0,28	0,3	0,29
14	0,26	0,28	0,26	0,27
16	0,29	0,33	0,36	0,33
18	0,37	0,4	0,38	0,38
20	0,42	0,44	0,43	0,43
22	0,49	0,46	0,52	0,49
24	0,53	0,63	0,52	0,56
26	0,72	0,71	0,74	0,72
28	0,76	0,8	0,83	0,80
30	0,92	0,92	0,9	0,91
32	0,93	0,94	0,98	0,95
34	1	0,96	0,93	0,96
36	1	1,08	1,07	1,04
38	1,13	1,09	1,18	1,13
40	1,27	1,22	1,23	1,24
42	1,54	1,53	1,53	1,53
44	1,9	1,89	1,87	1,89
46	2,45	2,44	2,44	2,44
48	3,91	3,91	3,91	3,91
50	6,9	6,87	6,89	6,89
52	9,17	9,19	9,14	9,17

Fuente: Los autores

Figura 38 Perfil de resistencia de puesta a tierra Edif. Camilo Torres.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 1,1 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.6.3 Medidas de continuidad

Tabla 25 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Edif. Camilo Torres.

Instalación: Edificio Camilo Torres

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Octubre 4 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,4	kA
Sección Mínima del Conductor	8,600	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador	1,2	4,8	72,00	Aceptable
Bandeja portacable de M.T.				
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta cortafuegos (sección derecha)	0,934	7,12	137,22	Aceptable
Puerta cortafuegos (sección izquierda)	0,934	7,12	137,22	Aceptable
Damper cortafuego sur	999999	4,3	0,00	No conectado
Damper cortafuego occidente	1,07	5,8	97,57	Aceptable
ÁREA ARMARIOS				
SECCIONADOR DUPLEX DE M.T.				
Puerta	5,3	0,9	3,06	No Aceptable
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN				
Bandeja portacable de B.T.	1,58	4,9	55,82	Aceptable
Barraje	0,758	2,4	56,99	Aceptable
Puerta derecha	999999	2,6	0,00	No conectado
Barraje de neutro	1,04	2,8	48,46	Aceptable
Puerta centro	999999	2,6	0,00	No conectado
Puerta izquierda	6,79	2,8	7,42	No Aceptable
Chasis	999999	2,7		No conectado
TABLERO GENERAL AIRES Y EQUIPOS				
Barraje	1,24	3,4	49,35	Aceptable
Puerta derecha	4,3	3,6	15,07	Aceptable
Barraje de Neutro	1,5	3,82	45,84	Aceptable
Puerta Izquierda	999999	3,6	0,00	No conectado

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA ARMARIOS				
TABLERO GENERAL REGULADO				
Barraje	1,9	2,9	27,47	Aceptable
Puerta	4,67	3,1	11,95	Aceptable
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
ÁREA PLANTA DE EMERGENCIA				
PLANTA ELÉCTRICA				
Chasis				No medido
Transferencia N° 1				No medido
Transferencia N° 2				No medido
Bandeja portacable				No medido
Soporte bandeja portacable				No medido
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta (sección derecha)	999999		0,00	No conectado
Puerta (sección izquierda)	999999		0,00	No conectado
ÁREA EXTERNA				
SISTEMA DE APANTALLAMIENTO				
Registro N° 2	2,28	5,15	40,66	Aceptable
Registro N° 3				No medido
Registro N° 4				No medido
Registro N° 5				No medido
Registro N° 6				No medido

Fuente: Los autores

3.6.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 26 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Camilo Torres.

Instalación: Edificio Camilo Torres

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,4	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	5,99	123,20	127,20	125,07	14,17	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	0,10	117,70	116,70	117,20	13,28	Aceptable
3	Cuarto de armarios de la subestación (3)	C	Up	3,93	114,50	115,30	114,83	13,01	Aceptable
4	Cuarto de armarios de la subestación (4)	C	Up	4,10	142,40	145,90	144,10	16,33	Aceptable

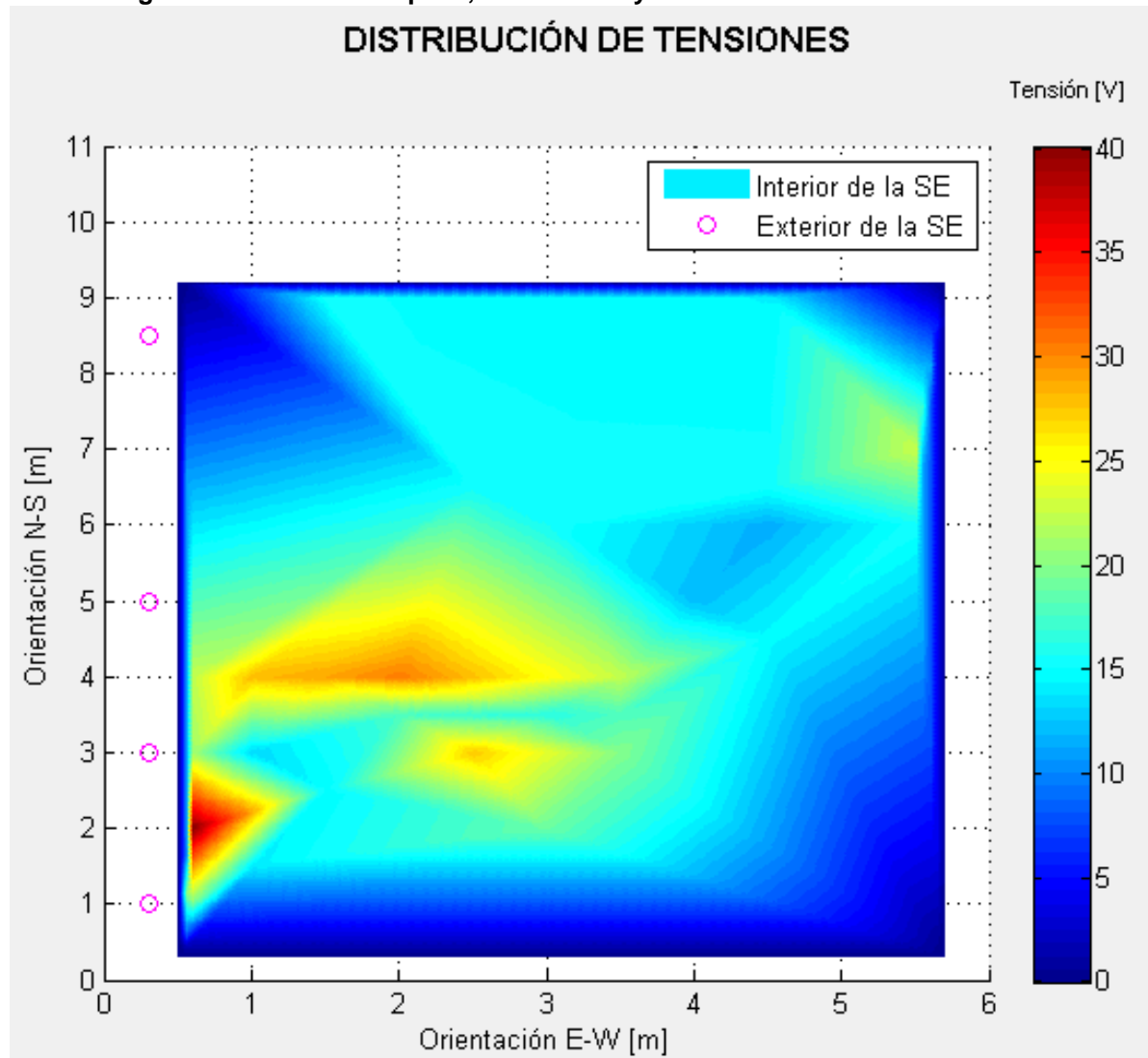
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Pasillo de acceso cuarto de armarios (1)	C	Up	2,10	126,10	127,90	126,99	14,39	Aceptable
6	Pasillo de acceso cuarto de armarios (2)	C	Up	2,60	130,30	133,30	131,78	14,94	Aceptable
7	Zona externa de la subestación (1)	T	Up	3,70	136,10	138,70	137,36	15,57	Aceptable
8	Zona externa de la subestación frente puerta a transformador	T	Up	0,10	100,50	102,80	101,66	11,52	Aceptable
9	Zona externa de la subestación frente puerta a la planta	T	Up	0,50	101,60	112,40	107,14	12,14	Aceptable
10	Cuarto de la planta (1)	C	Up	3,50	137,40	137,30	137,31	15,56	Aceptable
11	Cuarto de la planta (2)	C	Up	2,80	134,50	135,70	135,07	15,31	Aceptable
12	Cuarto de la planta (3)	C	Up	3,00	135,10	136,80	135,92	15,40	Aceptable
13	Cuarto del transformador (1)	C	Up	4,00	141,20	143,30	142,20	16,12	Aceptable
14	Cuarto del transformador (2)	C	Up	3,55	135,60	137,10	136,31	15,45	Aceptable
15	Cuarto del transformador (3)	C	Up	0,20	125,60	134,10	129,92	14,72	Aceptable
16	Cuba del transformador	C	Uc	25,00	266,90	249,60	257,18	29,15	Aceptable
17	Bandeja portacable de M.T.	C	Uc	5,00	165,90	168,70	167,23	18,95	Aceptable
18	Puerta cortafuegos (sección derecha)	C	Uc	7,80	195,10	200,20	197,51	22,38	Aceptable
19	Puerta cortafuegos (sección izquierda)	C	Uc	7,60	185,10	187,80	186,30	21,11	Aceptable
20	Damper cortafuego sur	C	Uc	50,10	355,00	360,00	353,98	40,12	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
21	Damper cortafuego occidente	C	Uc	4,00	245,10	248,70	246,87	27,98	Aceptable
22	Armario seccionador	C	Uc	8,00	195,40	200,10	197,60	22,39	Aceptable
23	Bandeja portacable de B.T.	C	Uc	4,00	255,40	254,90	255,12	28,91	Aceptable
24	Puerta derecha Tablero General B.T	C	Uc	65,80	280,10	275,10	269,70	30,57	Aceptable
25	Puerta izquierda Tablero general B.T.	C	Uc	8,00	195,60	199,40	197,35	22,37	Aceptable
26	Chasis Tablero general B.T.	C	Uc	4,00	154,00	160,70	157,33	17,83	Aceptable
27	Barraje Tablero general aires y equipos	C	Uc	5,00	165,40	172,30	168,81	19,13	Aceptable
28	Puerta derecha Tablero general aires y equipos	C	Uc	5,50	173,50	177,70	175,53	19,89	Aceptable
29	Barraje de Neutro Tablero general aires y equipos	C	Uc	0,80	120,40	138,40	129,71	14,70	Aceptable
30	Puerta Izquierda Tablero general aires y equipos	C	Uc	3,80	242,10	244,30	243,17	27,56	Aceptable
31	Barraje Tablero general aires y equipos	C	Uc	5,60	168,70	172,60	170,57	19,33	Aceptable
32	Puerta Tablero general aires y equipos	C	Uc	3,40	158,40	160,40	159,37	18,06	Aceptable
33	Armario Seccionador - Tablero General de B.T.	T	Ud	45,60	156,00	165,00	153,95	17,45	Aceptable
34	Tablero general B.T.-Tablero general aires y equipos	T	Ud	134,00	346,50	349,80	321,33	36,42	Aceptable
35	Tablero general aires y equipos - Tablero general regulado	T	Ud	123,00	358,90	365,70	340,80	38,62	Aceptable

Fuente: Los autores




En la Figura 39 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 39 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Edif. Camilo Torres.















Fuente: Los autores








3.6.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
2	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Punto de conexión y medición inaccesible.	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
5	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 4	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
6	Punto de conexión y medición inaccesible.	Caja de inspección No. 5	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		





No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 5	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
8	Punto de conexión inaccesible.	Caja de inspección No. 6	RETIE 15.2 d	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
9	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 6	RETIE 15.3.3 c	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha	
10	Conexión equipotencial no existente.	Puerta de acceso 1 a la zona de armarios.	RETIE 15.2 a	09/09/2011	
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	
11	Conexión equipotencial no existente.	Puerta de acceso 2 a la zona de armarios.	RETIE 15.2 a	09/09/2011	
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	
12	Puente equipotencial no existente.	Puerta cortafuegos zona transformador	RETIE 15.2 a	09/09/2011	
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis de la puerta.</p>	

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Conexión inadecuada.	Puente equipotencial con el dámper cortafuego inferior.	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
 		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		
14	Conexión equipotencial no existente.	Puerta acceso planta de emergencia.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
  		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
15	Conexión equipotencial no existente.	Chasis planta de emergencia.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
 		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Conexión inadecuada.	Gabinete transferencia automática.	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		
17	Conexión equipotencial no existente.	Estructura de soporte baterías	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
18	Puente equipotencial no existente.	Puerta gabinete contador.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Puente equipotencial no existente.	Puerta derecha gabinete tablero general regulado.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
20	Puente equipotencial no existente.	Puerta gabinete tablero general regulado.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
21	Conexión equipotencial no existente.	Bandeja portacable baja tensión.	RETIE 15.2 a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
22	Conexión inadecuada.	Azotea, Anillo sistema de apantallamiento.	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
 			<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>	
23	Conexión inadecuada.	Azotea, Anillo sistema de apantallamiento.	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
 			<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>	

3.6.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalía No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
4	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
5	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
6	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
7	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
8	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
9	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
10	Equipotencializar puerta de acceso abatible a la zona de armarios mediante conductor adecuado.	\$ 36.600	6
11	Equipotencializar puerta de acceso corrediza a la zona de armarios mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
12	Equipotencializar hojas de la puerta de acceso al transformador mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
13	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector certificado.	\$ 29.400	15
14	Equipotencializar puerta de acceso a la planta de emergencia mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
15	Equipotencializar chasis de la planta de emergencia mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
16	Instalación de barraje para distribución de todos los conductores.	\$ 97.200	16
17	Equipotencializar estructura de soporte de baterías mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
18	Equipotencializar puerta del gabinete donde se encuentra el contador mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
19	Equipotencializar puerta derecha del tablero general regulado mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6

Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
20	Equipotencializar puerta del tablero general regulado mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
21	Equipotencializar bandeja portacable de B.T. mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
22	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por conector certificado.	\$ 29.400	15
23	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por conector certificado.	\$ 29.400	15
24	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas) por conductor #6 THHN.	\$ 1'467.500	17
TOTAL		\$ 2'633.300	

3.7 INGENIERÍA MECÁNICA

Subestación eléctrica ubicada en el interior del edificio, entre los talleres y el paso de personas, se divide en dos áreas (tablero general y tablero auxiliar). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el área del tablero general con área de 13,2 m² se halla una caja cortacircuitos que interconecta con las subestación de Camilo Torres de donde toma su alimentación en media tensión y deriva un circuito para la subestación del Auditorio Luis A. Calvo y para su propio suministro, en esta área además se encuentra el transformador trifásico de 160 KVA marca SIEMENS de 13200V/(220-127)V \pm 2*2.5%, para realizar el diagnóstico y enfocar las mediciones serán importantes los barrajes de neutro y tierra, bandeja porta cable, puertas de acceso a los tableros y a la subestación, chasis de los armarios, cable XLPE, cuba del transformador, estructuras de soporte, rejillas entre otros.

En el segundo de los cuarto está el tablero auxiliar dentro del taller de turbo maquinas sobre un área 5,04 m² aquí se tendrán en cuenta la puerta de acceso, el chasis del armario, ventanas y rejillas, así como los barrajes de neutro y tierra.

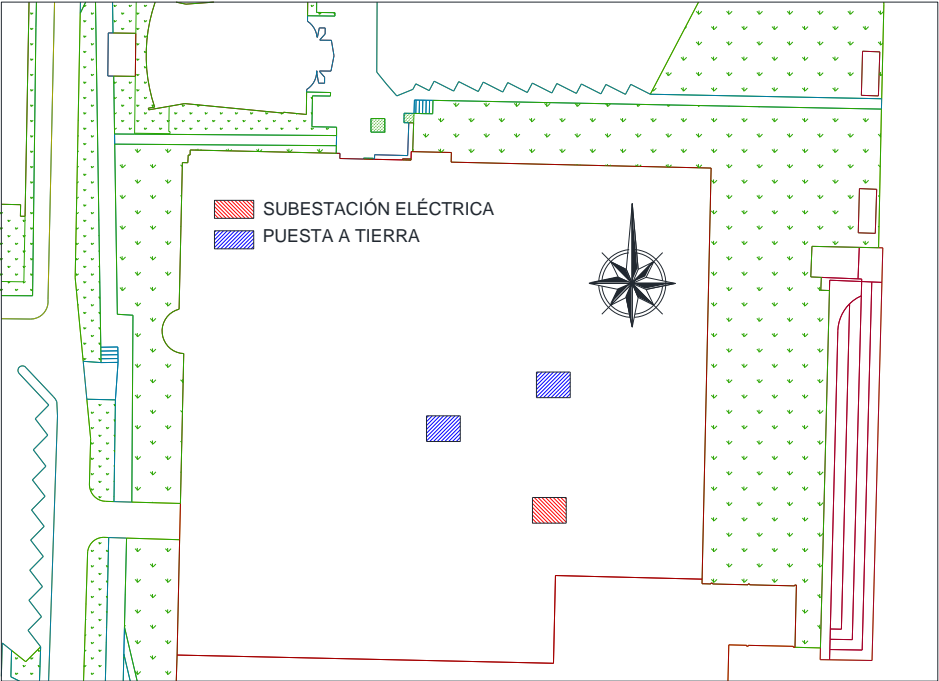
En el seguimiento visual que se realizó no se contemplaron puntas captadoras que formen parte del sistema de apantallamiento de la edificación, así como equipo de respaldo ante falla en el suministro principal de la subestación como planta eléctrica o algún otro grupo electrógeno.

La puesta a tierra consta de dos áreas en la primera de ella y en inmediaciones de la subestación sobre zona verde diagonal a ella 6 cajas de inspección en una disposición rectangular formando 2 retículas, 4 de estos puntos conformados por varillas copperweld de cobre de 5/8" y las 2 restantes como puntos conexión

exotérmica interconectadas con conductores de cobre # 2/0. En otra área colindante con el taller de turbo maquinas y sobre zona verde 3 cajas de inspección en una disposición triangular todas estas con la misma característica de la primera con sus electrodos y conexión equipotencial .

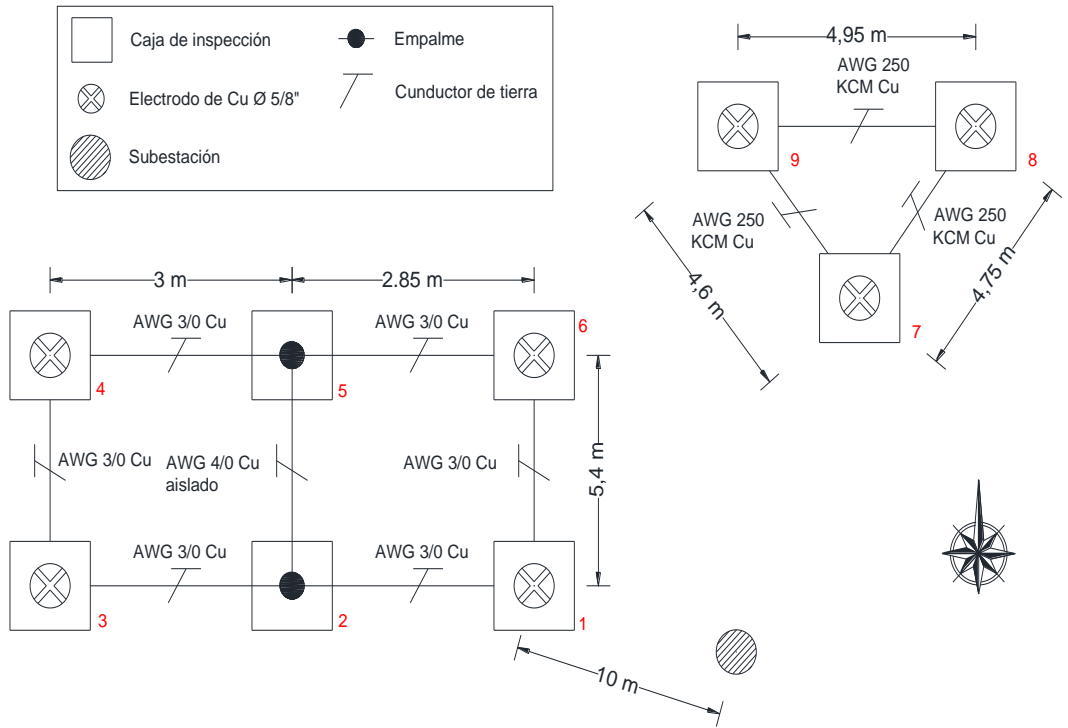
3.7.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 40 Ubicación subestación y puesta a tierra Ing. Mecánica



Fuente: Los autores

Figura 41 Detalle puesta a tierra Ing. Mecánica



Fuente: Los autores

3.7.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 27 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - E) Ing. Mecánica.

Instalación: Ingeniería Mecánica

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Septiembre 28 de 2011



Sentido de la medida: (Sur - Oriente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,19	0,19	0,19	0,19
4	0,28	0,28	0,27	0,28
6	0,28	0,28	0,25	0,27
8	0,34	0,33	0,33	0,33
10	0,38	0,39	0,39	0,39
12	0,38	0,36	0,37	0,37
14	0,35	0,35	0,35	0,35
16	0,41	0,39	0,4	0,40
18	0,43	0,43	0,41	0,42
20	0,94	0,93	0,94	0,94
22	1,27	1,26	1,27	1,27
24	1,33	1,33	1,31	1,32
26	1,95	1,97	1,96	1,96
28	2,78	2,78	2,88	2,81
30	4,66	4,68	4,69	4,68
32	7,52	7,52	7,54	7,53
34	12,92	12,93	12,92	12,92
36	23	20,7	21,2	21,63
38	37,8	35,5	37,5	36,93

Fuente: Los autores

Tabla 28 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N - E) Ing. Mecánica.

Instalación: Ingeniería Mecánica

Ciudad: Bucaramanga

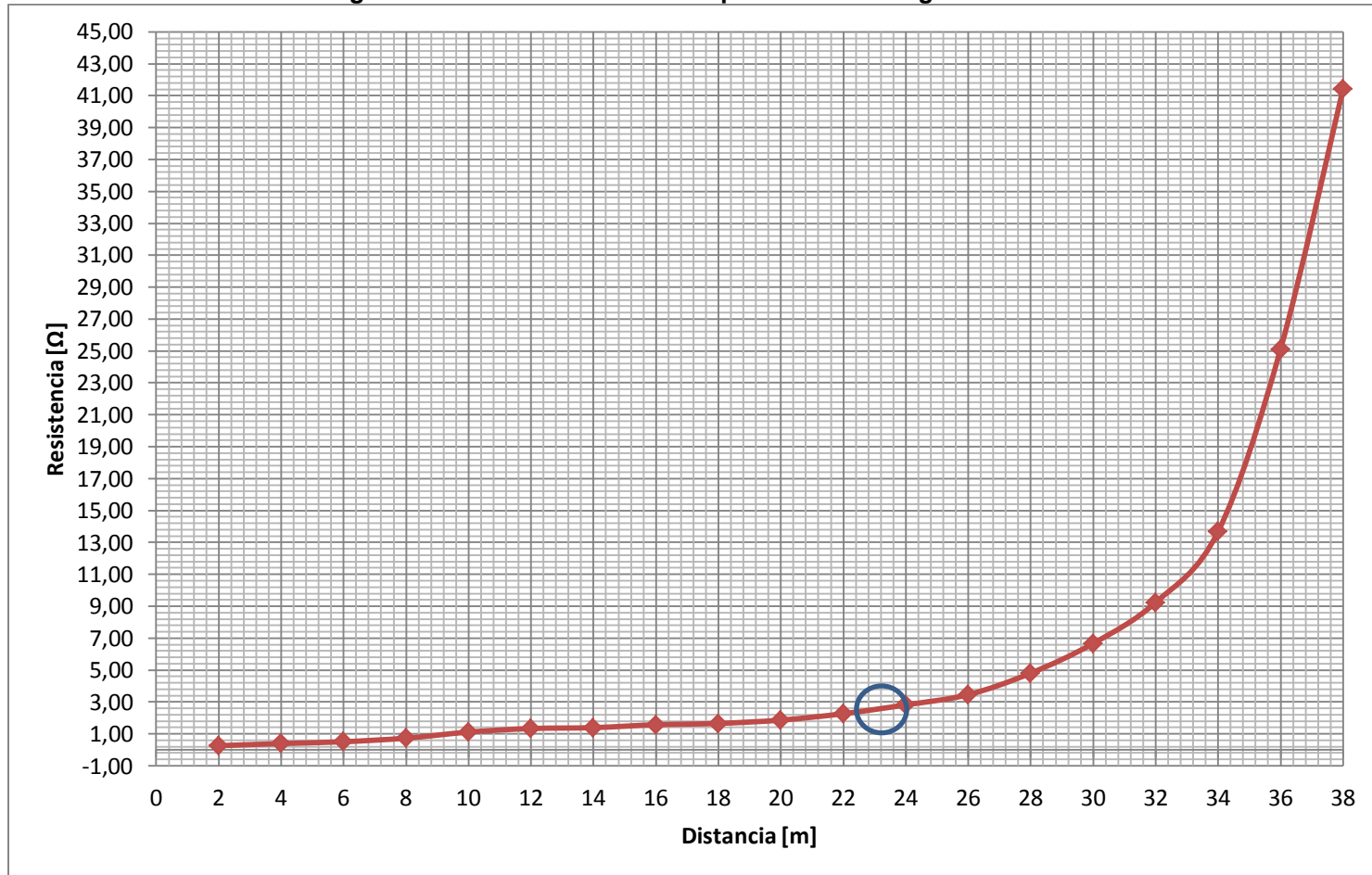
Fecha: Septiembre 28 de 2011



Sentido de la medida: (Norte - Oriente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,33	0,33	0,33	0,33
4	0,51	0,52	0,51	0,51
6	0,75	0,75	0,74	0,75
8	1,13	1,14	1,13	1,13
10	1,83	1,84	1,84	1,84
12	2,3	2,31	2,29	2,30
14	2,46	2,41	2,44	2,44
16	2,76	2,76	2,72	2,75
18	2,84	2,93	2,91	2,89
20	2,88	2,71	2,78	2,79
22	3,27	3,26	3,27	3,27
24	4,33	4,36	4,25	4,31
26	4,95	4,97	4,96	4,96
28	6,81	6,8	6,8	6,80
30	8,66	8,66	8,66	8,66
32	10,95	10,95	10,95	10,95
34	14,47	14,45	14,42	14,45
36	27,5	29,1	29,2	28,60
38	45,6	45,3	46,9	45,93

Fuente: Los autores

Figura 42 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ing. Mecánica.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 4,22 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.7.3 Medidas de continuidad

Tabla 29 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. de Ing. Mecánica.

Instalación: Edificio Ing. mecánica

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Noviembre 15 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,2	kA
Sección Mínima del Conductor	8,094	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador	7,4	16,7	40,62	Aceptable
Cable XLPE				No medido
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN				
Barraje de tierra	12,3	15,5	22,68	Aceptable
Barraje de neutro	11,7	15,1	23,23	Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Soporte cortacircuitos	999999	19,7	0,00	No conectado
Ventana 1	999999	16	0,00	No conectado
Ventana 2	999999	17	0,00	No conectado
Puerta	999999	13	0,00	No conectado
ÁREA LABORATORIO				
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN				
Barraje	26,13	14	9,64	Aceptable
Barraje de neutro	43,8	14	5,75	No Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Chasis	999999	14	0,00	No conectado
Puerta	999999	13	0,00	No conectado
ÁREA EXTERNA				
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Registro N° 2	3	2,85	17,10	Aceptable
Registro N° 3	3,2	5,85	32,91	Aceptable
Registro N° 4	3,4	11,25	59,56	Aceptable
Registro N° 5	3,6	8,25	41,25	Aceptable

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA EXTERNA				
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 6	3,1	5,4	31,35	Aceptable
Registro N° 7	53,6	24,7	8,29	Aceptable
Registro N° 8	53,3	28,45	9,61	Aceptable
Registro N° 9	30	28,3	16,98	Aceptable

Fuente: Los autores

3.7.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 30 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Mecánica.

Instalación: Ingeniería Mecánica

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,2	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

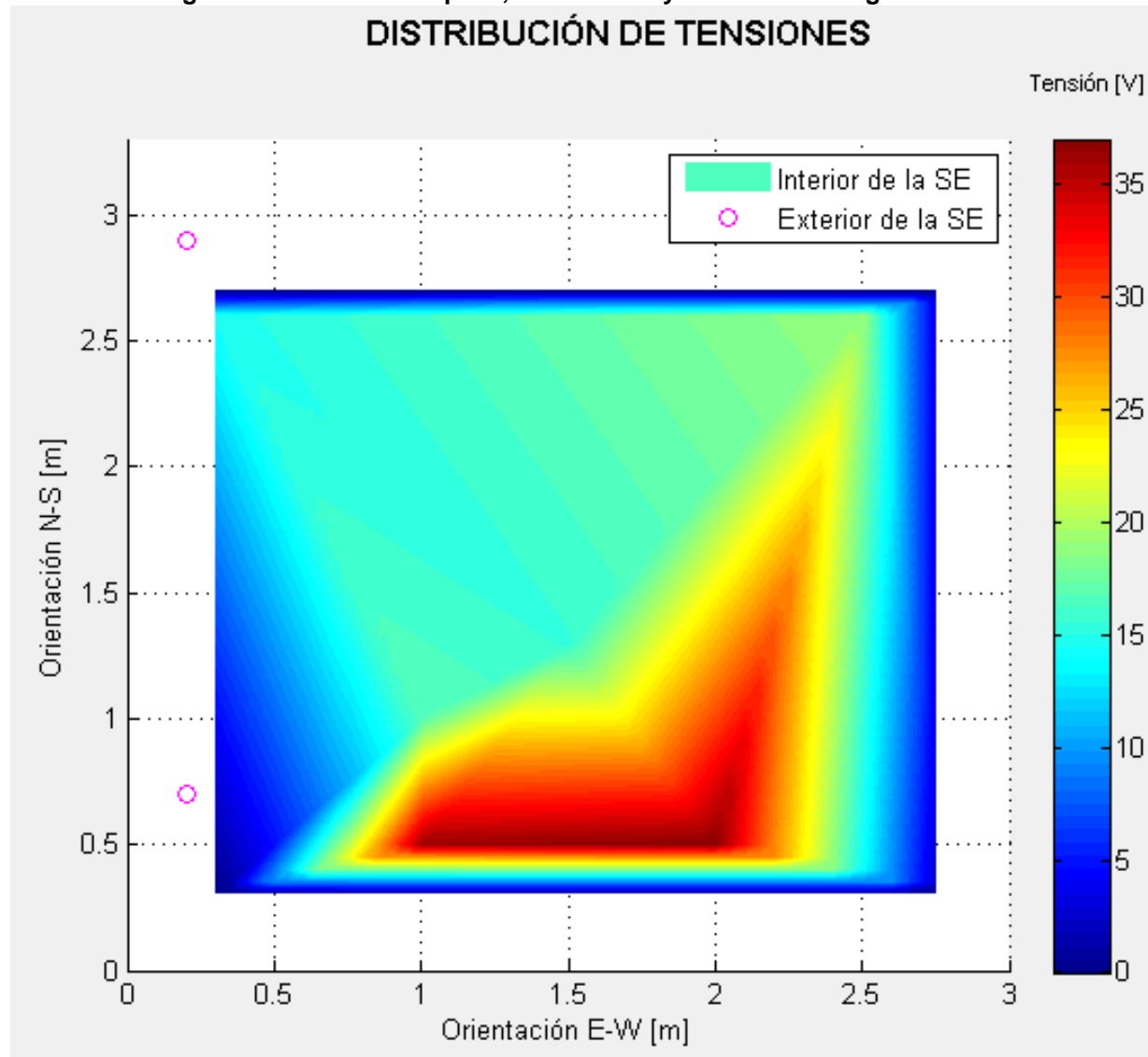
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de la subestación (1)	c	Up	4,80	158,10	156,50	157,23	16,77	Aceptable
2	Cuarto de la subestación (2)	c	Up	6,80	178,60	179,90	179,12	19,11	Aceptable
3	Puerta de acceso a la subestación	c	Uc	35,60	146,80	138,40	138,15	14,74	Aceptable
4	Chasis Tablero General	c	Uc	165,40	378,50	379,00	340,73	36,34	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Cuba del Transformador	c	Uc	12,00	140,10	152,10	145,73	15,54	Aceptable
6	Cuba del Transformador-Chasis	c	Ud	165,40	388,40	379,90	346,75	36,99	Aceptable
7	Zona Externa occidente subestación (1)	c	Up	12,00	142,20	145,70	143,46	15,30	Aceptable
8	Zona Externa occidente subestación (2)	c	Up	9,80	131,50	124,80	127,82	13,63	Aceptable
9	Cuarto de Tablero de Distribución Laboratorios	c	Up	24,50	135,60	147,10	139,33	14,86	Aceptable
10	Chasis Tablero de Distribución	c	Uc	156,00	398,20	397,30	365,88	39,03	Aceptable
11	Puerta	c	Uc	54,00	379,00	382,00	376,65	40,18	Aceptable
12	Chasis Tablero de Distribución- Puerta	c	Ud	134,00	389,00	393,00	367,33	39,18	Aceptable

Fuente: Los autores

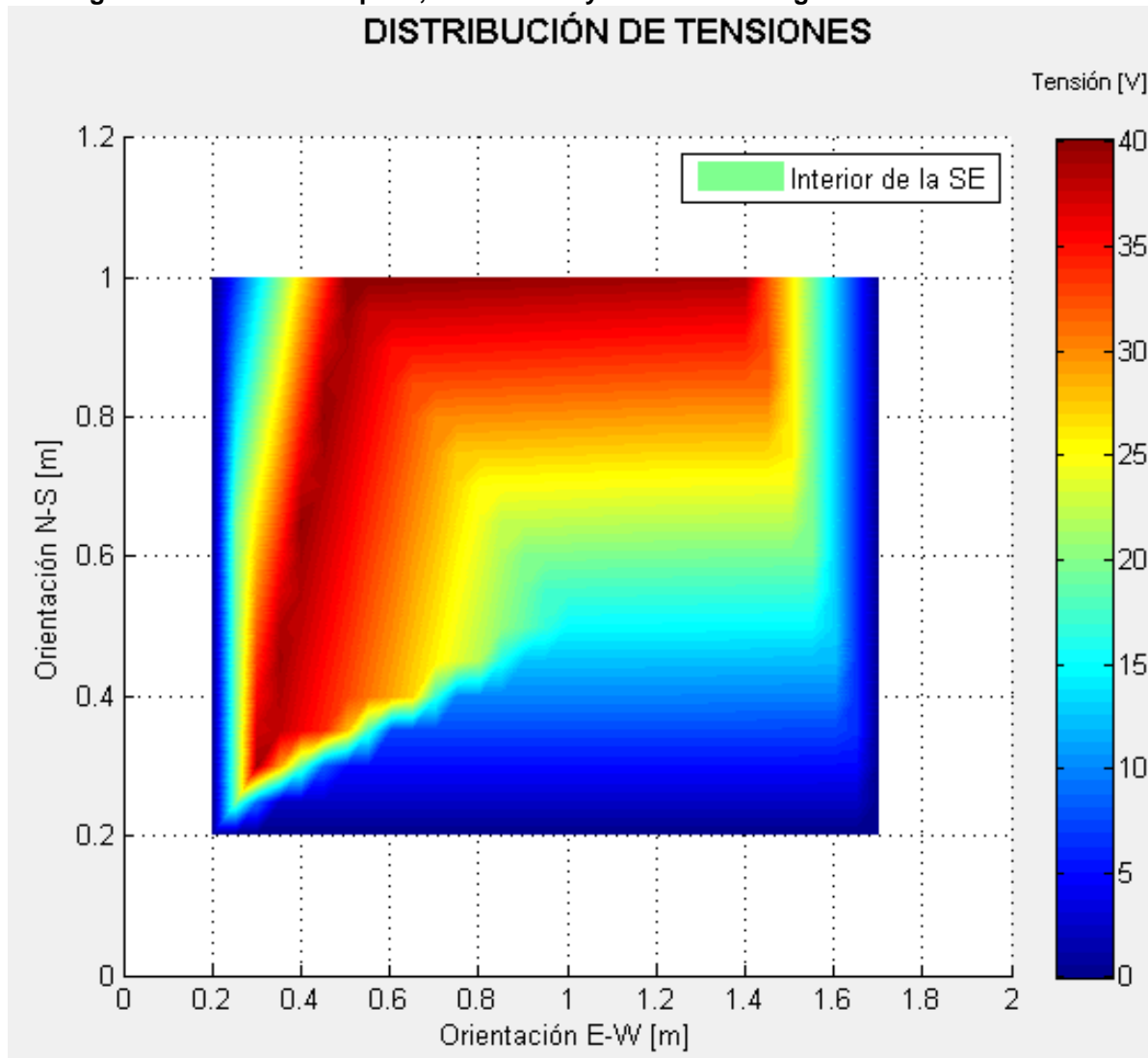
En las Figuras 43 y 44 se muestra el comportamiento de las tensiones en las áreas evaluadas (Tablero general principal y tablero general cuarto de máquinas).

Figura 43 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Mecánica.







Fuente: Los autores




Figura 44 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ing. Mecánica. Laboratorios
DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES









Fuente: Los autores




3.7.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.1	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.1	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
5	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.2	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
6	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.2	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.4	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
8	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.4	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
9	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.6	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.6	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
11	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.5	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
12	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.5	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.7	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
14	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.7	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
15	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.8	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.8	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
17	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.9	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
18	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No.9	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Conexión equipotencial inexistente.	Soporte cortacircuitos.	RETIE 15.2 a	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
20	Conexión equipotencial inexistente.	Ventanas cuarto subestación.	RETIE 15.2 a	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
21	Conexión equipotencial inexistente.	Puerta tablero general taller turbo máquinas.	RETIE 15.2 a	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

3.7.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
4	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
5	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
6	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
7	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
8	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
9	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
10	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
11	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
12	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
13	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
14	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
15	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
16	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
17	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
18	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
19	Equipotencializar estructura de soporte de los cortacircuitos mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19

Anomalía No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
20	Equipotencializar ventanas superiores mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
21	Equipotencializar puerta de acceso al tablero de distribución de los laboratorios mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
22	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8 THHN.	\$ 1'846.000	18
TOTAL		\$ 3'101.200	

3.8 LUIS A. CALVO

Subestación eléctrica ubicada en el costado sur del edificio, colindado con el paso peatonal de acceso a esta área, se divide en dos áreas (tableros y transformadores). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el área de los tableros con área de 32,83 m² se halla el tablero general de baja tensión, la transferencia y un tablero de contactores asociada a dicha transferencia, además la planta eléctrica marca KOHLER, potencia trifásica 69 KVA /56 KW, para realizar el diagnóstico y enfocar las mediciones serán importantes los barrajes de neutro y tierra, bandeja porta cable, puertas de acceso a los tableros y a la subestación, chasis de los armarios, el chasis de la planta, la transferencia, estructuras de soporte, rejillas entre otros.

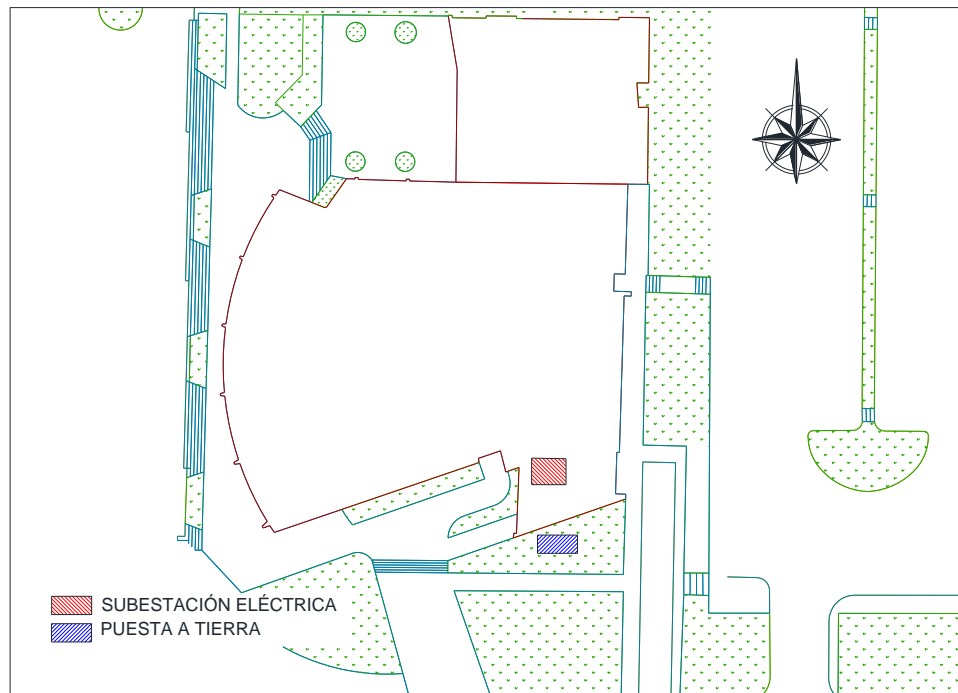
En el segundo de los cuarto sobre un área 28 m² se encuentran los transformadores trifásicos de 150 KVA marca GAMS, uno de 13200V/(220-127)V \pm 2*2.5% destinado para los servicios generales y el otro también de 150KVA marca ANDINA DE TRANSFORMADORES de 13200V/(440-254)V \pm 2*2.5, así como un par de seccionadores, el primero de ellos tipo dúplex de 17.5 KV que interconecta con las subestación de ingeniería Mecánica de donde toma su alimentación en media tensión y deriva un circuito para cada uno de los transformadores anteriormente citados y el segundo de ellos marca SOCOL de 17,5 KV destinado para el transformador de los aires acondicionados, para realizar el diagnóstico y enfocar las mediciones se tendrán en cuenta el cable XLPE, cuba del transformador, estructuras de soporte, la puerta de acceso y el chasis de la planta.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por una punta captadora asociada con su bajante que se ubica por el costado occidental del edificio.

La puesta a tierra consta de 3 cajas de inspección localizadas en las inmediaciones de la subestación en el costado sur del edificio en la zona verde, en una disposición triangular, cada una de estas cajas se relaciona con su electrodo conformado por una varilla copperweld de cobre de 5/8" y se acopla mediante soldadura exotérmica a los conductores de cobre # 2/0.

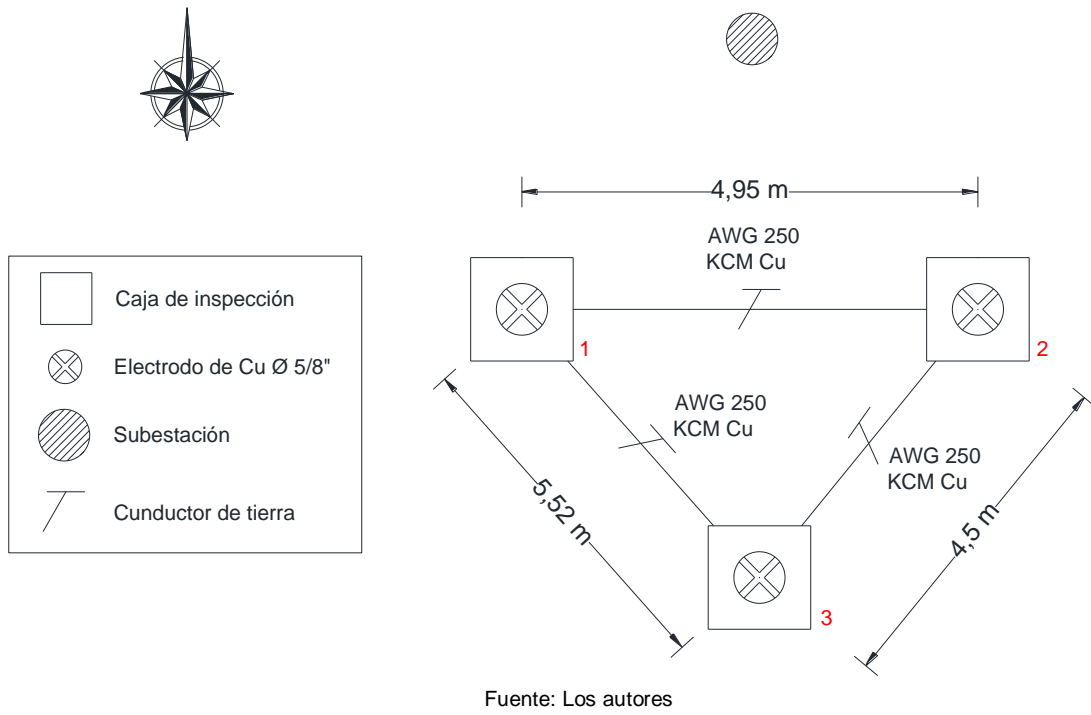
3.8.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 45 Ubicación subestación y puesta a tierra Auditorio Luis A. Calvo



Fuente: Los autores

Figura 46 Detalle puesta a tierra Auditorio Luis A. Calvo



3.8.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 31 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - N) Auditorio Luis A. Calvo.

Instalación: Auditorio Luis A. Calvo

Ciudad: Bucaramanga

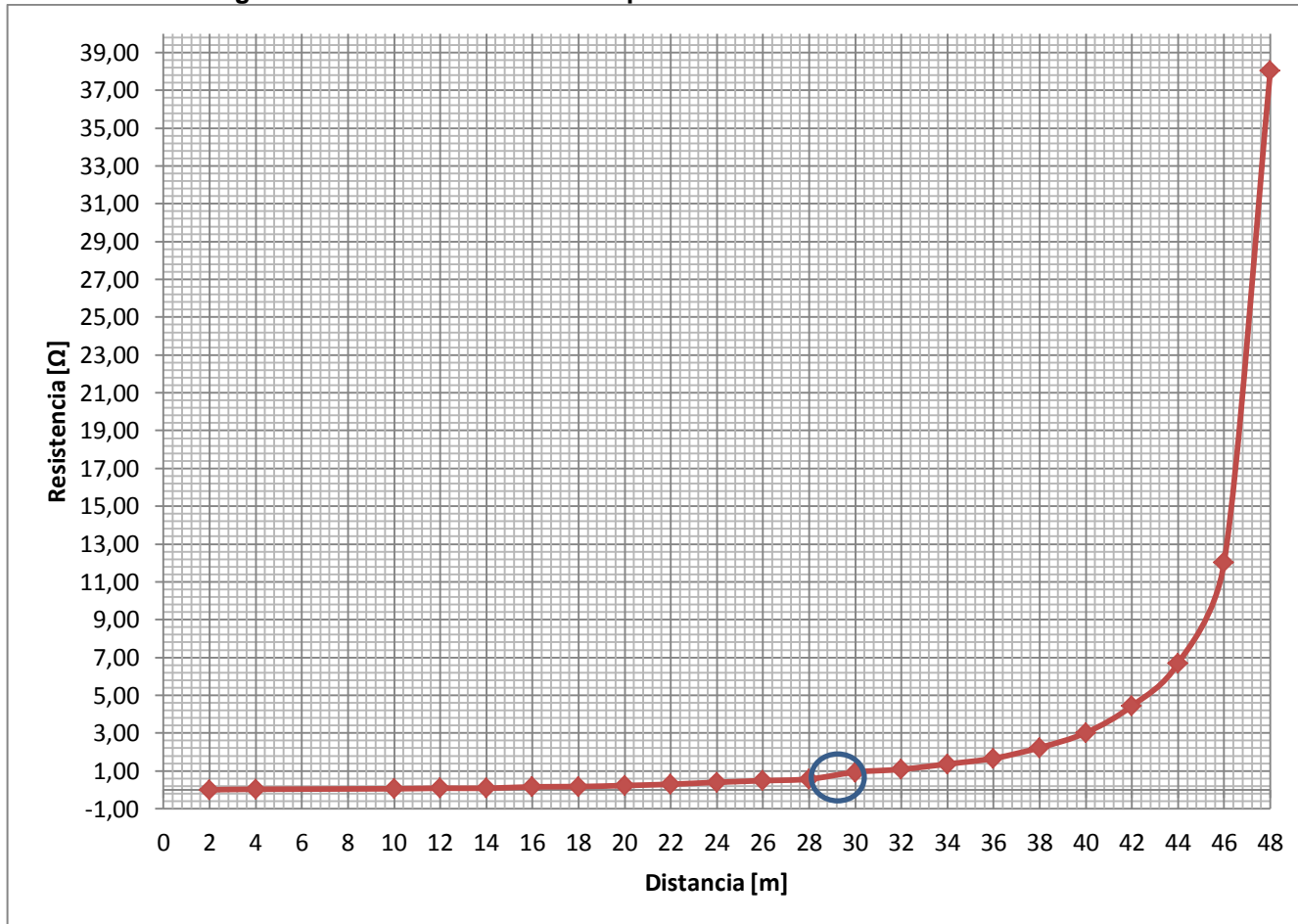
Fecha: Septiembre 28 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Sur - Norte)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0	0	0	0,00
4	0,052	0,016	0,02	0,03
10	0,05	0,05	0,06	0,05
12	0,09	0,09	0,08	0,09
14	0,08	0,08	0,08	0,08
16	0,15	0,16	0,16	0,16
18	0,16	0,18	0,17	0,17
20	0,23	0,22	0,23	0,23
22	0,28	0,3	0,3	0,29
24	0,41	0,39	0,39	0,40
26	0,49	0,48	0,48	0,48
28	0,55	0,57	0,58	0,57
30	0,92	0,94	0,94	0,93
32	1,08	1,09	1,08	1,08
34	1,36	1,37	1,36	1,36
36	1,66	1,66	1,67	1,66
38	2,22	2,25	2,22	2,23
40	3,02	3,01	3,02	3,02
42	4,43	4,44	4,43	4,43
44	6,7	6,68	6,7	6,69
46	12,04	12,04	12,03	12,04
48	38	38	38,1	38,03

Fuente: Los autores

Figura 47 Perfil de resistencia de puesta a tierra Auditorio Luis A. Calvo.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 0,92 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítuló 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.8.3 Medidas de continuidad

Tabla 32 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Auditorio Luis A. Calvo.

Instalación: Auditorio Luis A. Calvo

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: 23 de Noviembre de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,2	kA
Sección Mínima del Conductor	8,094	mm ²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1				
Cuba del transformador				No medido
Cable XLPE				No medido
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 2				
Cuba del transformador				No medido
Cable XLPE				No medido
SECCIONADORES				
Seccionador principal				No medido
Seccionador 440 V				No medido
Barraje de tierra				No medido
ÁREA ARMARIOS				
TABLERO GENERAL				
Barraje de tierra	9	7	14,00	Aceptable
Puerta	98	7	1,29	No Aceptable
Chasis	99999	7	0,00	No conectado
PLANTA DE EMERGENCIA				
Chasis	999999	5,3	0,00	No conectado
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta	999999	6,3	0,00	No conectado
ÁREA EXTERNA				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Registro N° 2	6,9	4,95	12,91	Aceptable
Registro N° 3	4,2	5,52	23,66	Aceptable

Fuente: Los autores

3.8.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 33 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Auditorio Luis A. Calvo.

Instalación: Auditorio Luis A. Calvo

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 17 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,2	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

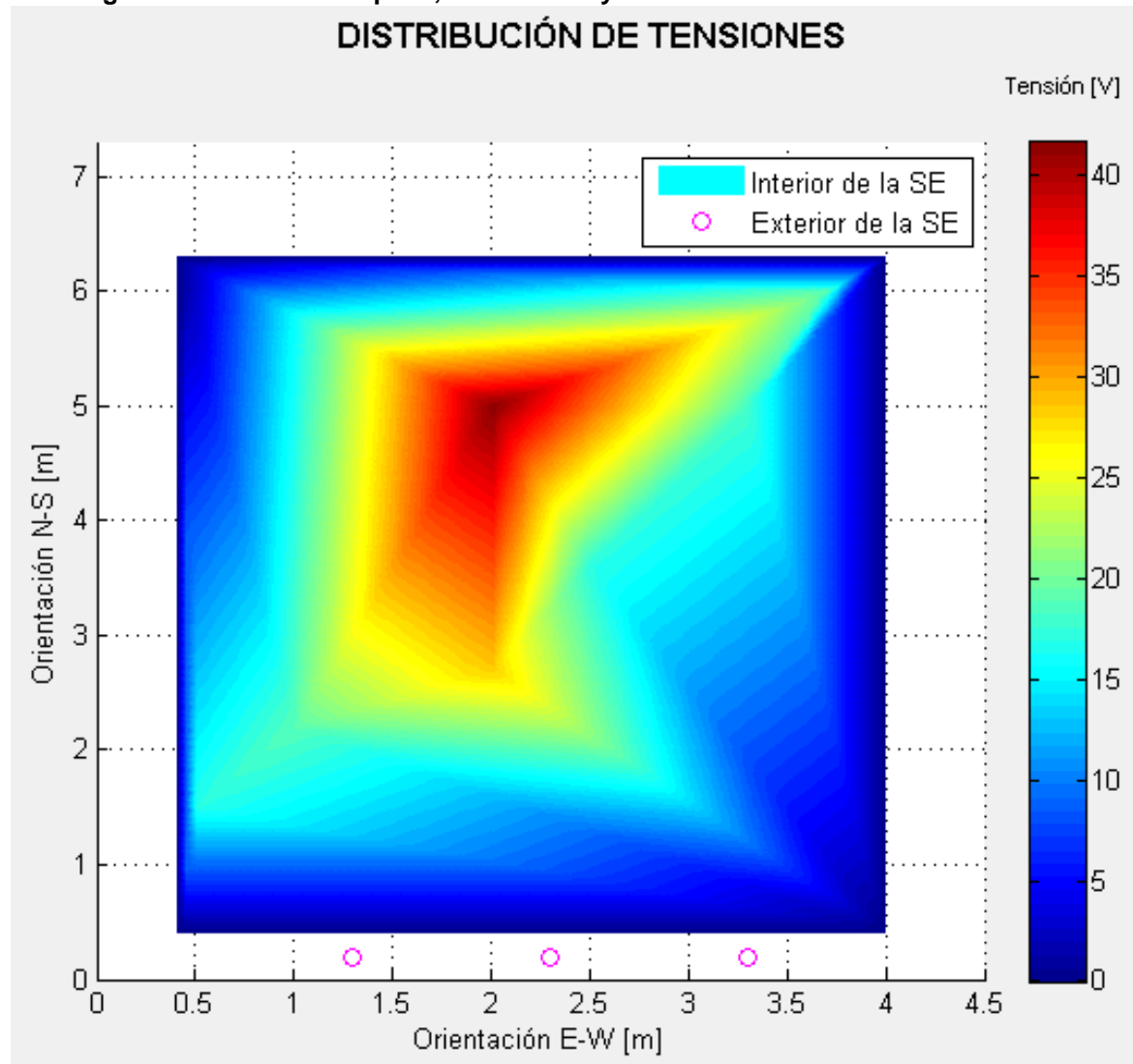
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	6,18	176,80	178,70	177,65	18,95	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	5,87	169,80	170,10	169,85	18,12	Aceptable
3	Cuarto de armarios de la subestación (3)	C	Up	8,67	156,10	162,70	159,20	16,98	Aceptable
4	Cuarto de armarios de la subestación (4)	C	Up	4,16	176,70	177,60	177,10	18,89	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Chasis Tablero general B.T.	C	Uc	69,00	395,60	396,70	390,10	41,61	Aceptable
6	Chasis Planta	C	Uc	45,00	267,00	273,20	266,34	28,41	Aceptable
7	Puerta de la subestación	C	Uc	67,30	171,20	173,40	158,62	16,92	Aceptable
8	Zona externa de la subestación, orientación sur (1)	T	Up	68,35	189,45	188,90	176,40	18,82	Aceptable
9	Zona externa de la subestación, orientación sur (2)	T	Up	55,60	167,80	178,50	164,07	17,50	Aceptable
10	Zona externa de la subestación, orientación sur (3)	T	Up	56,50	167,80	167,10	157,63	16,81	Aceptable




Fuente: Los autores




En la Figura 48 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.

Figura 48 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Auditorio Luis A. Calvo.



3.8.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 1	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Las conexiones entre los conductores de puesta a tierra y los electrodos de puesta a tierra se deben hacer mediante soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso, de manera que las uniones queden mecánica y eléctricamente seguros.</p>		
2	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Las conexiones entre los conductores de puesta a tierra y los electrodos de puesta a tierra se deben hacer mediante soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso, de manera que las uniones queden mecánica y eléctricamente seguros.</p>		
3	Conexión inadecuada.	Caja de inspección No. 3	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Las conexiones entre los conductores de puesta a tierra y los electrodos de puesta a tierra se deben hacer mediante soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso, de manera que las uniones queden mecánica y eléctricamente seguros.</p>		

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión equipotencial no existente.	Puerta lateral tablero general de B.T.	RETIE 15.2 a	06/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
5	Conexión equipotencial no existente.	Puerta izquierda tablero general de B.T.	RETIE 15.2 a	06/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
6	Conexión equipotencial no existente.	Puerta centro tablero general de B.T.	RETIE 15.2 a	06/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Conexión equipotencial no existente.	Puerta derecha tablero general de B.T.	RETIE 15.2 a	06/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

3.8.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
4	Equipotencializar puerta lateral del tablero general de distribución mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
5	Equipotencializar puerta sección izquierda de la puerta frontal del tablero general de distribución mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
6	Equipotencializar puerta sección central de la puerta frontal del tablero general de distribución mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
7	Equipotencializar puerta sección derecha de la puerta frontal del tablero general de distribución mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
8	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8 THHN.	\$ 639.000	20
TOTAL		\$ 1'041.400	

3.9 BIBLIOTECA

Subestación eléctrica ubicada en el interior del edificio, se divide en dos áreas (tableros y planta eléctrica). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el área de los tableros con una extensión de 32.48 m² se hallan los tableros general de baja tensión tanto para los equipos sensibles como para los aires acondicionados, los equipos de medida, barrajes de derivación, transformadores de corriente, el sistema de cierre y seccionamiento que consta de 3 seccionadores, el primero de ellos marca SOCOL 24 KV conectado al barraje de derivación e interconectando con la subestación principal (Ing. eléctrica) de donde toma su alimentación en media tensión, los otros dos seccionadores tipo dúplex 24KV se conectan al barraje de derivación y obtienen el suministro para un par de transformadores y suple el consumo de las subestaciones del CENTIC y Administración I respectivamente, los transformadores trifásicos de potencia son uno de 315 KVA marca SIEMENS de 13200V/(220-127)V \pm 2*2.5% destinado para los servicios generales y los equipos sensibles, el transformador restante de 315 VKA marca ANDINA DE TRANSFORMADORES de 13200V/(440-254)V \pm 2*2.5% destinado para los equipos de aires acondicionados principales puntos de atención para realizar el diagnóstico y hacer énfasis en las mediciones serán los barrajes de neutro y tierra, bandeja porta cable, puertas de acceso a los tableros y a la subestación, chasis de los armarios, cuba del transformador, cable XLPE, puertas corta fuego rejillas entre otros.

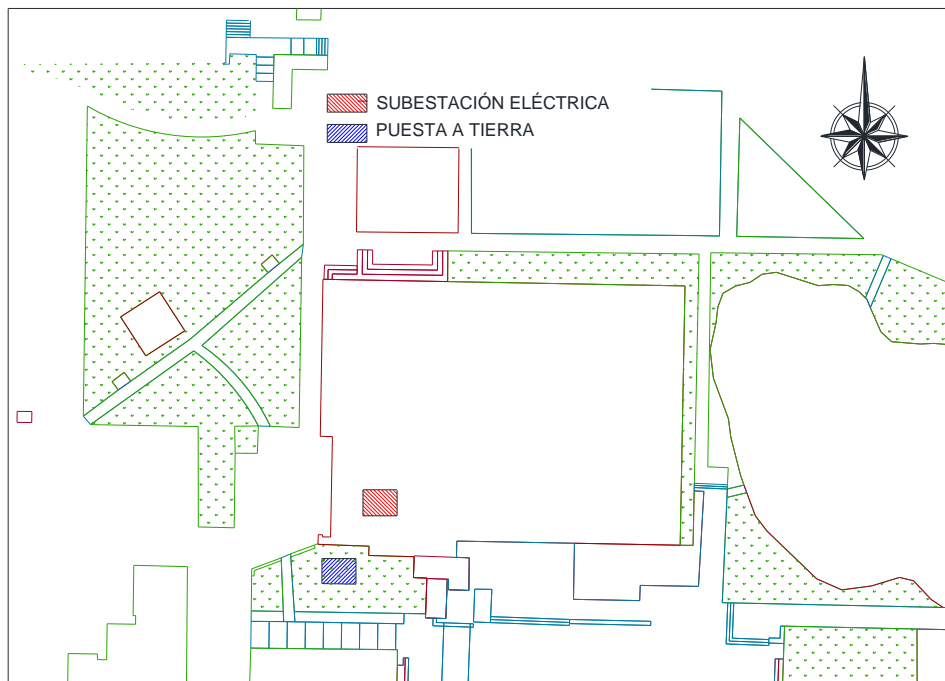
En el segundo cuarto está la planta eléctrica marca CUMMINS, potencia trifásica 375 KVA /300 KW tensión 127/220 V sobre un área 16.5 m² aquí se tendrán en cuenta la puerta de acceso, el chasis de la planta, la transferencia y las ventanas.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por una punta captadora asociada con su bajante que se ubican por el costado sur del edificio donde se encuentra equipotencializado con la puesta a tierra.

La puesta a tierra consta de 6 cajas de inspección localizadas en las inmediaciones de la subestación en el costado sur edificio en la zona verde, en una disposición rectangular formando 2 retículas.

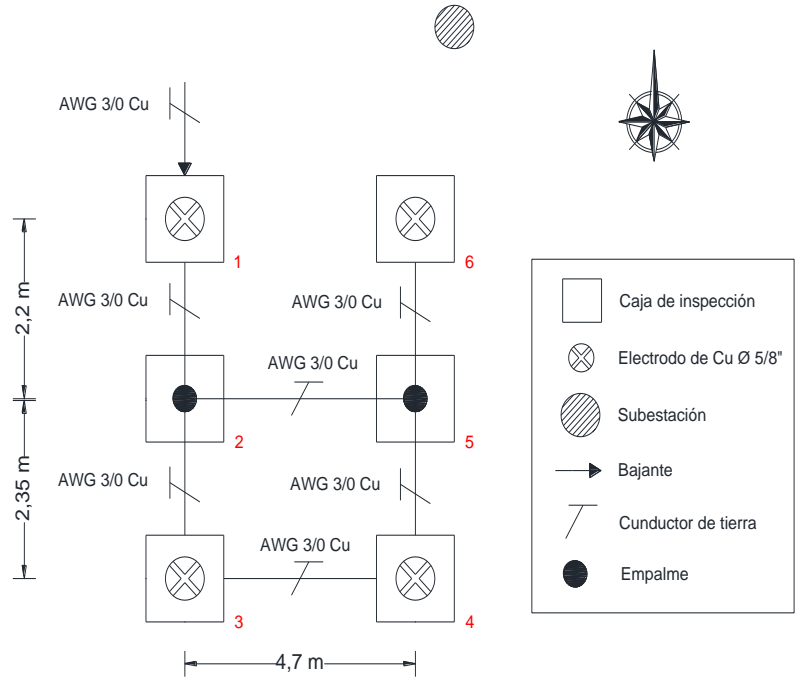
3.9.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 49 Ubicación subestación y puesta a tierra Biblioteca



Fuente: Los autores

Figura 50 Detalle puesta a tierra Biblioteca



Fuente: Los autores

3.9.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 34 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Biblioteca.

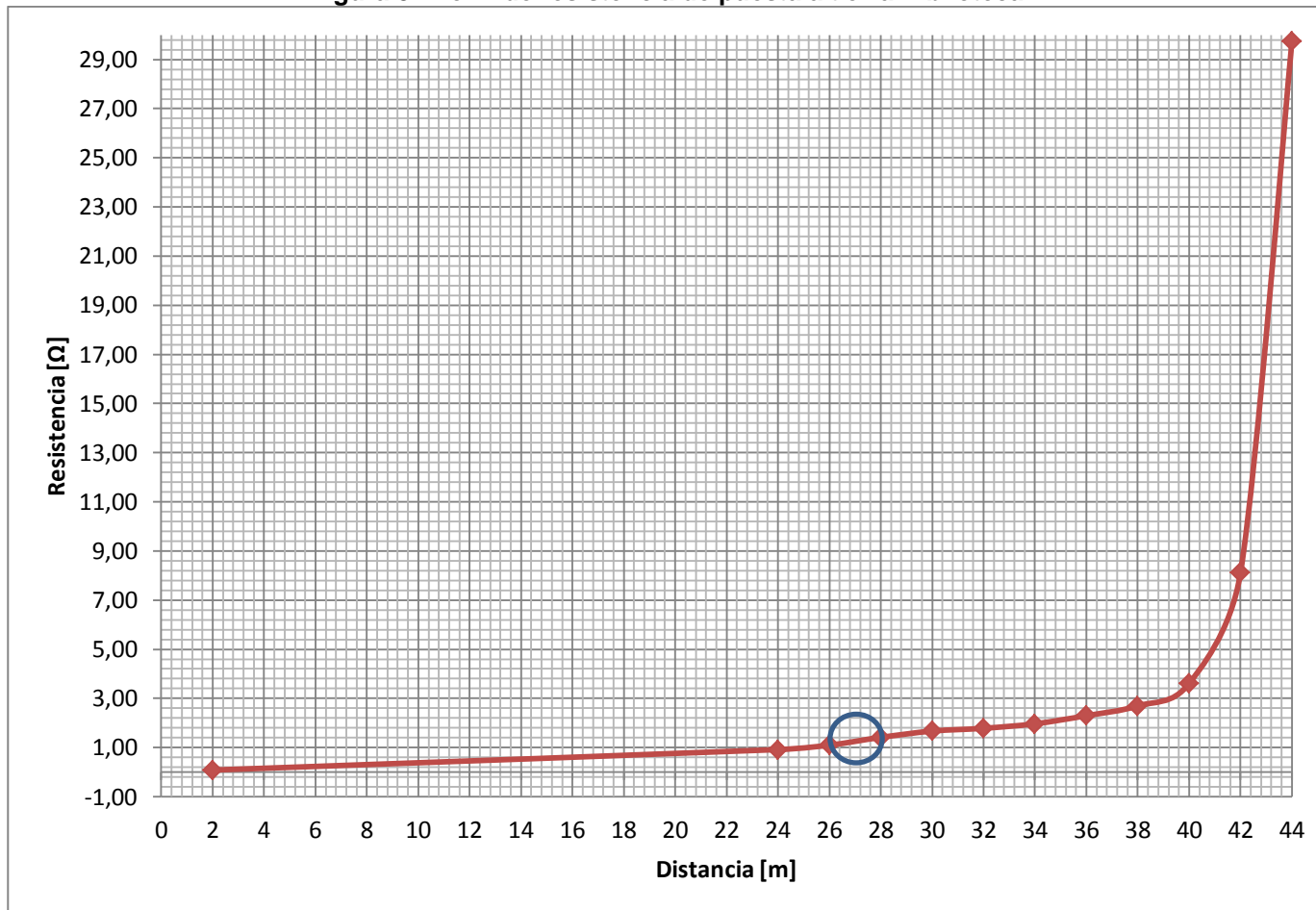
Instalación: Biblioteca
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Septiembre 29 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Oriente - Occidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,08	0,08	0,09	0,08
24	0,92	0,91	0,92	0,92
26	1,07	1,11	1,11	1,10
28	1,41	1,39	1,44	1,41
30	1,68	1,66	1,67	1,67
32	1,77	1,78	1,8	1,78
34	1,97	2	1,93	1,97
36	2,3	2,28	2,31	2,30
38	2,72	2,69	2,67	2,69
40	3,63	3,66	3,54	3,61
42	8,1	8,13	8,11	8,11
44	29,5	29,7	30	29,73

Fuente: Los autores

Figura 51 Perfil de resistencia de puesta a tierra Biblioteca.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 1,37 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.9.3 Medidas de continuidad

Tabla 35 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Biblioteca.

Instalación: Biblioteca
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Octubre 4 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B
L: longitud estimada entre los puntos A-B
A: Área o sección calculada del conductor A-B
999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,6	kA
Sección Mínima del Conductor	9,106	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida) (mΩ)	(Estimada) (m)	(Calculada) (mm ²)	
ÁREA GENERAL				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1				
Cuba del transformador	5,1	4,6	16,24	Aceptable
Puerta derecha	6	5,8	17,40	Aceptable
Puerta izquierda	6	3,8	11,40	Aceptable
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 2				
Cuba del transformador	3,9	5	23,08	Aceptable
Puerta derecha	13,4	6,4	8,60	No Aceptable
Puerta izquierda	5,2	4,4	15,23	Aceptable
SECCIONADOR CENTIC				
Puerta	5,2	4	13,85	Aceptable
SECCIONADOR ADMINISTRACIÓN I				
Puerta	6	4,5	13,50	Aceptable
SECCIONADOR BIBLIOTECA				
Puerta				No medido
BARRAJE DERIVACIÓN				
Puerta	5,1	4,5	15,88	Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Bandeja portacable de B.T.	4,5	3,3	13,20	Aceptable
Malla encerramiento	999999	1,6	0,00	No conectado
TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA				
Transferencia 1				No medido
Transferencia 2				No medido
ARMARIO MEDIDA				
Barraje de neutro	4,5	1	4,00	No Aceptable

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA GENERAL				
ARMARIO MEDIDA				
Puerta	999999,00	1	0,00	No conectado
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN				
Barraje	0,7	2	51,43	Aceptable
Barraje de neutro	999999	2	0,00	No conectado
TABLERO GENERAL 1				
Barraje	999999	1	0,00	No conectado
Barraje de neutro	999999	1	0,00	No conectado
Puerta	999999	1	0,00	No conectado
TABLERO GENERAL 2				
Barraje	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Barraje de neutro	4,50	1	4,00	No Aceptable
ÁREA EXTERNA				
SISTEMA DE APANTALLAMIENTO				
Registro N° 1	999999	15	0,00	No conectado
Registro N° 2	999999	17,2	0,00	No conectado
Registro N° 3	999999	20,55	0,00	No conectado
Registro N° 4	999999	25,15	0,00	No conectado
Registro N° 5	999999	21,9	0,00	No conectado
Registro N° 6	999999	24,1	0,00	No conectado

Fuente: Los autores

3.9.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 36 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Biblioteca.



Instalación: Biblioteca

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012

V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,6	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

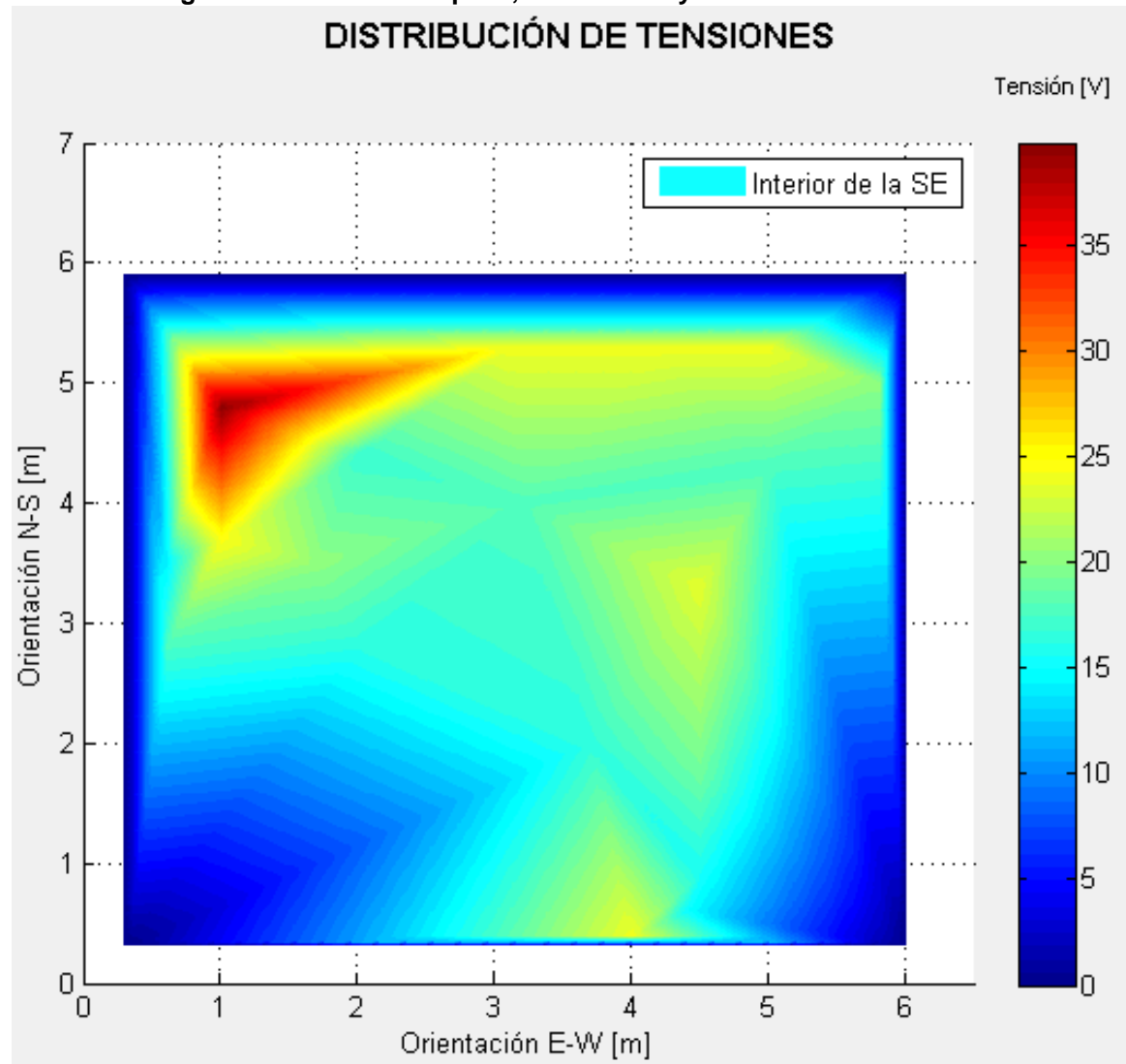
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	9,15	134,50	141,10	137,54	16,50	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	3,14	145,60	147,80	146,67	17,60	Aceptable
3	Cuarto de armarios de la subestación (3)	C	Up	3,50	147,60	148,90	148,21	17,79	Aceptable
4	Cuarto de armarios de la subestación (4)	C	Up	5,67	168,90	169,50	169,11	20,29	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Cuarto de armarios de la subestación (5)	C	Up	8,99	121,50	114,50	117,71	14,13	Aceptable
6	Cuarto de armarios de la subestación (6)	C	Up	4,67	167,80	168,90	168,29	20,19	Aceptable
7	Cuarto de armarios de la subestación (7)	C	Up	7,89	198,70	201,20	199,80	23,98	Aceptable
8	Puerta derecha del Gabinete del Transformador 1	C	Uc	0,19	123,50	125,60	124,55	14,95	Aceptable
9	Puerta izquierda del Gabinete del Transformador 1	C	Uc	0,19	130,40	150,10	140,60	16,87	Aceptable
10	Puerta derecha del Gabinete del Transformador 2	C	Uc	0,10	131,40	140,30	135,92	16,31	Aceptable
11	Puerta izquierda del Gabinete del Transformador 2	C	Uc	0,35	145,20	147,50	146,35	17,56	Aceptable
12	Puerta del Seccionador Centic	C	Uc	0,12	190,20	201,40	195,88	23,51	Aceptable
13	Puerta del Seccionador Administración I	C	Uc	0,10	158,70	161,50	160,11	19,21	Aceptable
14	Puerta del Seccionador Barraje de Derivación	C	Uc	0,09	130,20	128,70	129,45	15,53	Aceptable
15	Puerta Armario de Medida	C	Uc	65,40	210,30	210,60	200,03	24,00	Aceptable
16	Puerta Tablero de Distribución	C	Uc	65,40	210,30	210,60	200,03	24,00	Aceptable
17	Puerta Tablero General 1	C	Uc	65,40	210,30	210,60	200,03	24,00	Aceptable
18	Puerta Tablero General 2	C	Uc	65,40	210,30	210,60	200,03	24,00	Aceptable
19	Puerta Tablero General 2-Malla encerramiento	C	Ud	69,40	334,50	343,00	331,59	39,79	Aceptable
20	Chasis Tablero General 2-Malla encerramiento	C	Ud	69,40	334,50	343,00	331,59	39,79	Aceptable
21	Puerta del Seccionador Biblioteca-Malla encerramiento	C	Ud	123,40	145,60	146,70	78,31	9,40	Aceptable

Fuente: Los autores




En la Figura 52 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 52 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Biblioteca.









Fuente: Los autores




3.9.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.







No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.1	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Conexión inadecuada	Caja de inspección No.1	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		




No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión inadecuada	Caja de inspección No. 2	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
5	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.3	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
6	Conexión inadecuada	Caja de inspección No.3	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.4	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
8	Conexión inadecuada	Caja de inspección No.4	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
9	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.5	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Ausencia tapa removible	Caja de inspección No.5	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
11	Conexión inadecuada	Caja de inspección No.5	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
12	Punto de conexión y medida inaccesible	Caja de inspección No.6	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Ausencia tapa removible	Caja de inspección No.6	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
14	Conexión inadecuada	Caja de inspección No.6	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
15	Barraje no aislado	Seccionador administración I	RETIE 15.3.3 e	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Barraje no aislado	Seccionador CENTIC	RETIE 15.3.3 e	02/09/2011
				<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>
17	Puente equipotencial no existente.	Puerta tablero general 1	RETIE 15.2 a	02/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>
18	Puente equipotencial no existente.	Puerta medidores	RETIE 15.2 a	02/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Puente equipotencial no existente.	Puerta transformadores de medida	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
20	Puente equipotencial no existente.	Puerta totalizador	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
21	Puente equipotencial no existente.	Puerta gabinetes barrajes	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
22	Puente equipotencial no existente.	Puerta tablero general 2	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
23	Conexión equipotencial no existente.	Malla de acceso a la subestación	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
24	Solo un conductor bajante	Sistema de captación azotea	RETIE 18.3.2	04/10/2011
		<p>Diagnóstico: El sistema de apantallamiento debe tener como mínimo dos conductores bajantes hacia el sistema de puesta a tierra.</p>		

3.9.6 Recomendaciones y presupuesto

Anomalía No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
4	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
5	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
6	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
7	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
8	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
9	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
10	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
11	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
12	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
13	Instalación de tapa removible.	\$ 44.000	2
14	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
15	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5

Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
16	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
17	Equipotencializar puerta del tablero general mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
18	Equipotencializar puerta del gabinete de medidores mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
19	Equipotencializar puerta del gabinete de los transformadores de medida mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
20	Equipotencializar puerta del gabinete del totalizador mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
21	Equipotencializar puerta del gabinete de los barrajes de las fases mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
22	Equipotencializar puerta del gabinete del tablero general No.2 mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
23	Equipotencializar puerta en malla de acceso a la subestación mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
24	Instalar un segundo conductor bajante y equipotencializarlo con el sistema de puesta a tierra.	\$ 1'810.000	26
25	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #6 THHN y conductor #2/0.	\$ 1'822.600	21
TOTAL		\$ 4'944.400	

3.10 CENTIC

Subestación eléctrica ubicada en el costado norte del edificio, colindado con el paso peatonal y jardines, se divide en dos áreas (transformadores y tableros, planta eléctrica). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el área de los tableros con área de 33 m² se hallan los tableros general de baja tensión, tanto para los equipos sensibles como para los aires acondicionados y un par de seccionadores, el primero de ellos dúplex 24 KV que interconecta las subestaciones de biblioteca de donde toma su alimentación en media tensión y deriva los circuitos para los dos transformadores, el segundo de ellos marca SOCOL de 17,5 KV conectando con el anterior y el transformador destinado al aire acondicionado, los principales puntos de atención para realizar el diagnóstico y enfocar las mediciones serán los barrajes de neutro y tierra, bandeja porta cable, puertas de acceso a los tableros y a la subestación, chasis de los armarios y rejillas entre otros.

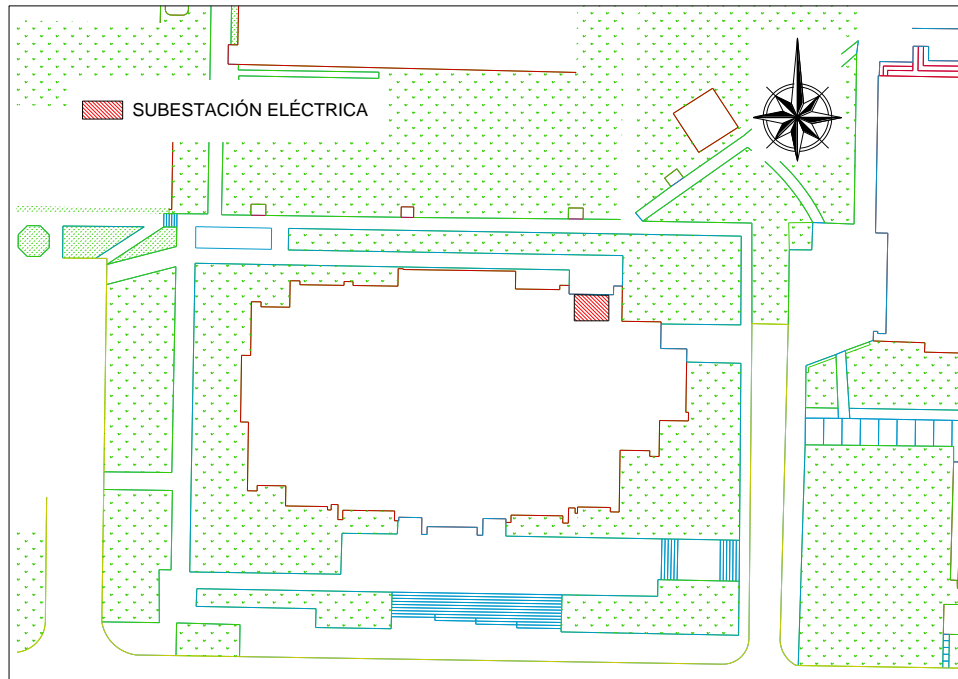
La segunda de las áreas es destinada para confinar a los transformadores trifásicos de 500 KVA marca ABB de 13200 V/ (228-131.6) V $\pm 2.5\%$, sobre un área de 9 m², allí se hará énfasis en las puertas corta fuego, cuba del transformador, cable XLPE, bandejas porta cables y dámper cortafuegos.

En el último de los cuartos está la planta eléctrica marca CUMMINS, potencia trifásica 260 KVA /208 KW tensión 127/220 V sobre un área 17.5 m² aquí se tendrán en cuenta la puerta de acceso, el chasis de la planta, la transferencia y las ventanas.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por 5 puntas captadoras cada una asociada con su bajante que se ubican por los costados del edificio, además consta de un anillo que interconecta dicho sistema.

3.10.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 53 Ubicación subestación CENTIC



Fuente: Los autores

3.10.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 37 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - N) CENTIC.

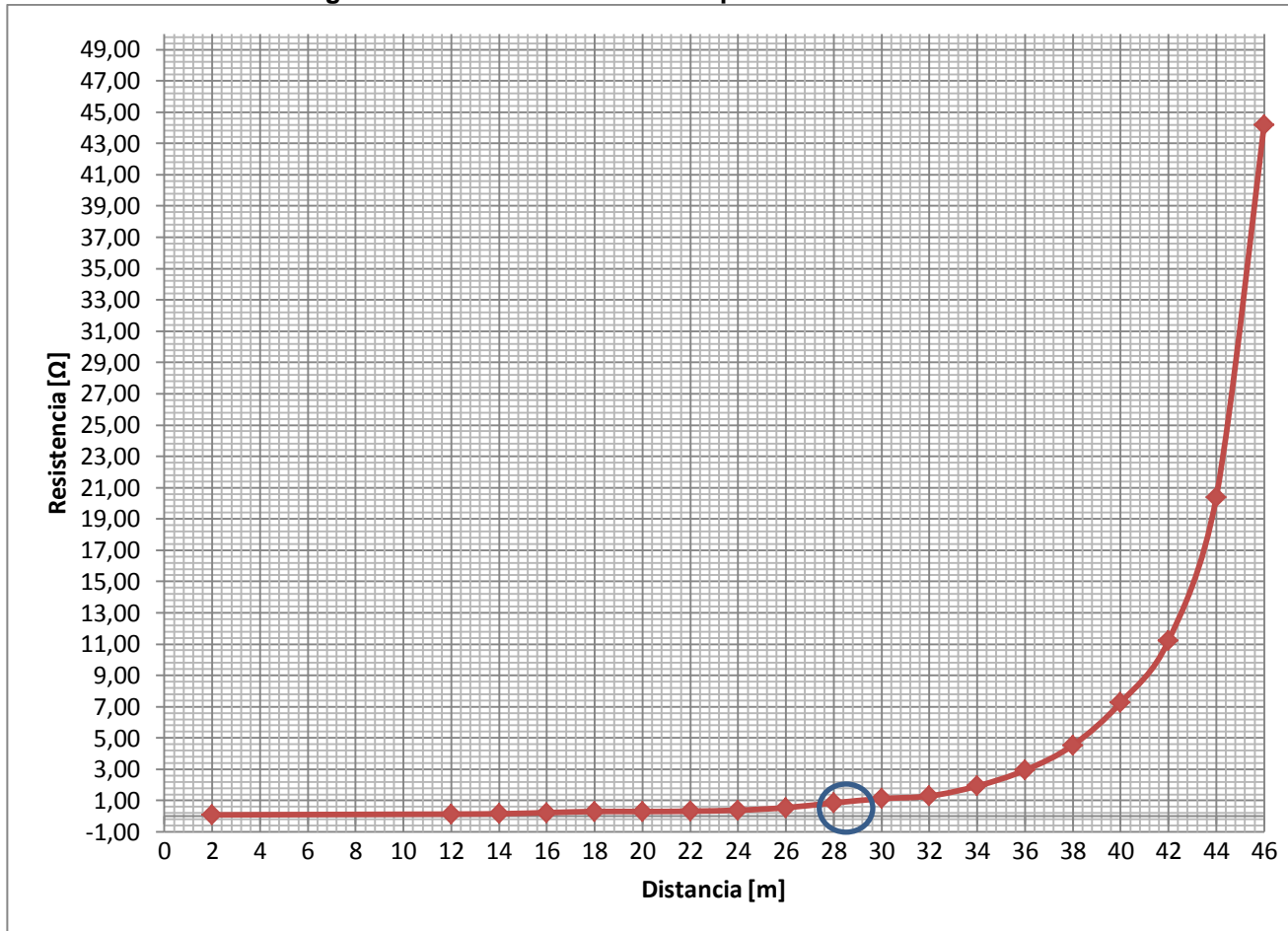
Instalación: CENTIC
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Septiembre 29 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Sur - Norte)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,09	0,08	0,09	0,09
12	0,13	0,14	0,14	0,14
14	0,16	0,19	0,12	0,16
16	0,25	0,2	0,23	0,23
18	0,3	0,31	0,3	0,30
20	0,32	0,3	0,28	0,30
22	0,35	0,32	0,3	0,32
24	0,4	0,39	0,36	0,38
26	0,54	0,55	0,55	0,55
28	0,87	0,86	0,82	0,85
30	1,11	1,15	1,11	1,12
32	1,28	1,29	1,3	1,29
34	1,97	1,94	1,88	1,93
36	2,89	2,97	2,96	2,94
38	4,6	4,5	4,51	4,54
40	7,2	7,31	7,26	7,26
42	11,19	11,21	11,26	11,22
44	20,5	20,2	20,5	20,40
46	44,4	44,2	44	44,20

Fuente: Los autores

Figura 54 Perfil de resistencia de puesta a tierra CENTIC.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 0,86 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.10.3 Medidas de continuidad

Tabla 38 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. CENTIC.

Instalación: CENTIC
 Ciudad: Bucaramanga
 Fecha: Octubre 4 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B
 L: longitud estimada entre los puntos A-B
 A: Área o sección calculada del conductor A-B
 999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,6	kA
Sección Mínima del Conductor	9,106	mm ²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida) (mΩ)	(Estimada) (m)	(Calculada) (mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR 1				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1				
Cuba del transformador	6,9	4	10,43	Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta	999999	2,8	0,00	No conectado
Soporte cable de B.T.	999999	5,3	0,00	No conectado
ÁREA TRANSFORMADOR 2				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 2				
Cuba del transformador	4	3,8	17,10	Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta	999999	2,6	0,00	No conectado
Soporte cable de B.T.	999999	5,1	0,00	No conectado
ÁREA ARMARIOS				
SECCIONADORES				
Transformador 1	11,2	6,2	9,96	Aceptable
Transformador 2	10,5	5	8,57	No Aceptable
TABLERO GENERAL DE B.T. (TG-1)				
Barraje	4,5	2,9	11,60	Aceptable
Barraje de neutro	5,7	3,7	11,68	Aceptable
Puerta	999999	3,8	0,00	No conectado
TABLERO GENERAL DE B.T. (TG-2)				
Barraje	6,7	0,8	2,15	No Aceptable
Barraje de neutro	999999	0,5	0,00	No conectado
Puerta	999999	1,2	0,00	No conectado

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA ARMARIOS				
TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA				
Barraje	2,40	1,8	13,50	Aceptable
Puerta	999999	2,3	0,00	No conectado
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN				
Barraje	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Barraje tierra	1,10	0,2	3,27	No Aceptable
Barraje de neutro	999999	0,2	0,00	No conectado
BANCO DE CONDENSADORES				
Bandeja portacable de B.T:	2,60	3	20,77	Aceptable
Puerta	999999	0,3	0,00	No conectado
ÁREA PLANTA DE EMERGENCIA				
PLANTA ELÉCTRICA				
Chasis				No medida
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta				No medida
Ventana				No medida
Instalación eléctrica				No medida

Fuente: Los autores

3.10.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 39 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENTIC.



Instalación: CENTIC

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012

V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,6	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	6,00	158,10	163,20	160,56	19,27	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	6,50	167,40	164,10	165,63	19,88	Aceptable
3	Cuarto de armarios de la subestación (3)	C	Up	7,10	173,40	178,40	175,77	21,09	Aceptable
4	Cuarto de armarios de la subestación (4)	C	Up	5,30	183,40	184,10	183,67	22,04	Aceptable

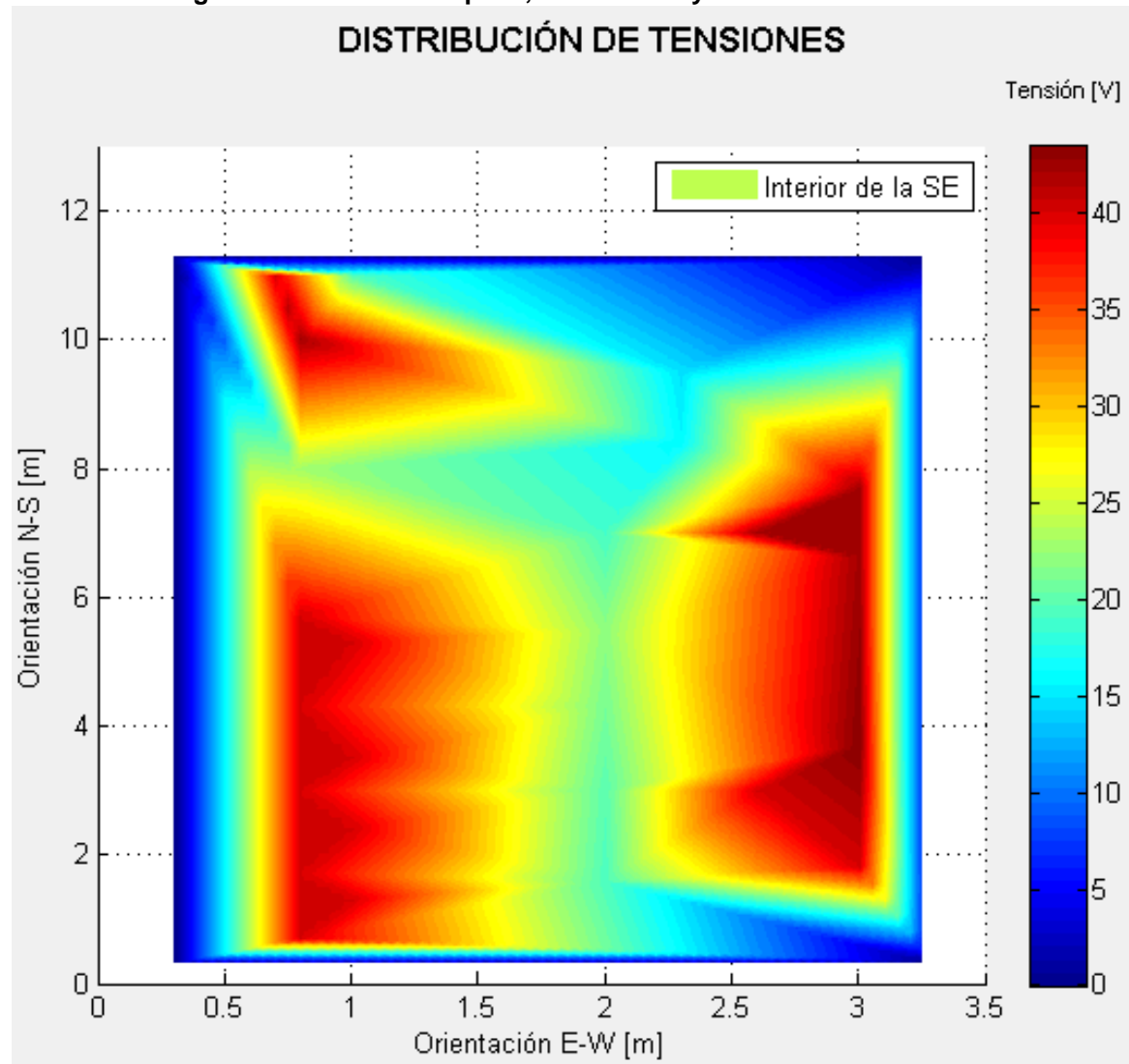
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Cuarto de armarios de la subestación (5)	C	Up	3,90	156,50	159,40	157,91	18,95	Aceptable
6	Cuarto de armarios de la subestación (6)	C	Up	7,50	183,50	182,40	182,80	21,94	Aceptable
7	Cuarto de armarios de la subestación (7)	C	Up	4,60	189,40	191,70	190,50	22,86	Aceptable
8	Puerta Acceso derecha cuarto subestación	C	Uc	45,00	167,80	167,80	161,65	19,40	Aceptable
9	Puerta Acceso izquierda cuarto subestación	C	Uc	45,00	167,80	167,80	161,65	19,40	Aceptable
10	Puerta del seccionador del Transformador I	C	Uc	9,00	120,40	125,40	122,60	14,71	Aceptable
11	Puerta del seccionador del Transformador II	C	Uc	8,50	131,20	132,80	131,73	15,81	Aceptable
12	Puerta Acceso izquierda del Transformador II	C	Uc	123,40	368,00	379,00	352,57	42,31	Aceptable
13	Puerta Acceso derecha del Transformador II	C	Uc	123,40	368,00	379,00	352,57	42,31	Aceptable
14	Puerta Acceso izquierda del Transformador I	C	Uc	159,40	389,00	386,00	353,20	42,38	Aceptable
15	Puerta Acceso derecha del Transformador I	C	Uc	159,40	389,00	386,00	353,20	42,38	Aceptable
16	Bandeja Portacable	C	Uc	111,10	378,10	379,80	362,30	43,48	Aceptable
17	Puerta Tablero General Transformador I	C	Uc	123,00	356,20	357,40	334,93	40,19	Aceptable
18	Puerta de la Transferencia Automática y Tablero de Distribución	C	Uc	123,00	356,40	357,10	334,88	40,19	Aceptable
19	Puerta Derecha Tablero General Transformador II	C	Uc	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
20	Puerta izquierda Tablero General Transformador II	C	Uc	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
21	Puerta del Banco de Condensadores	C	Uc	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
22	Puerta Derecha-izquierda Tablero General Transf. II	C	Ud	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
23	Puerta Derecha-izquierda Tablero General Transf. I	C	Ud	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
24	Puerta Derecha-izquierda Acceso subestación	C	Ud	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
25	Puerta Tablero General Transf I- Puerta de la Transferencia	C	Ud	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
26	Puerta de la Transferencia Automática- Puerta derecha tablero general Transformador II	C	Ud	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
27	Puerta Derecha-izquierda Tablero General Transf. II	C	Ud	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable
28	Puerta Derecha Tablero General Transf. II-Banco Condensadores	C	Uc	123,00	356,10	357,20	334,77	40,17	Aceptable

Fuente: Los autores




En la Figura 55 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 55 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENTIC.






Fuente: Los autores

3.10.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Conexión equipotencial no existente	Puerta de acceso planta eléctrica	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
2	Conexión equipotencial no existente	Puerta de acceso subestación eléctrica	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
3	Conexión equipotencial no existente	Rejilla externa subestación eléctrica	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador aires	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
5	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador equipos de computo	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
6	Puente equipotencial no existente	Puerta transferencia automática	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero aires acondicionados	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
8	Barraje no aislado	Barraje de tierra tablero aires acondicionados	RETIE 15.3.3 e	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		
9	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero condensadores	RETIE 15.2 a	02/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		

3.10.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Equipotencializar puerta de acceso a la zona de la planta de emergencia mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
2	Equipotencializar puerta de acceso a la zona de armarios y transformadores mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
3	Equipotencializar ventanas superiores mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
4	Equipotencializar puerta de acceso al transformador dedicado a aires acondicionados mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
5	Equipotencializar puerta de acceso al transformador dedicado a equipos de computo mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
6	Equipotencializar puerta del gabinete de la transferencia automática mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
7	Equipotencializar puerta del gabinete del tablero general para aires acondicionados mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
8	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
9	Equipotencializar puerta del gabinete del banco de condensadores mediante conductor #6 THHN.	\$ 36.600	6
10	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #6 THHN.	\$ 2'519.500	22
TOTAL		\$ 2'976.300	

3.11 ADMINISTRACIÓN I

Subestación eléctrica ubicada en el costado oriental del edificio, colindado con el paso peatonal y zona verde, se divide en dos áreas (tableros y planta eléctrica). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el área de los tableros con área de 16,12 m² se halla el tablero general de baja tensión, la transferencia automática y un tablero de contactores asociada a dicha transferencia además un par de cajas cortacircuitos asociados a cada uno de los transformadores que se encuentran e interconectados con las subestación de biblioteca de donde toma su alimentación en media tensión y deriva un circuito para la subestación de Administración II, en esta área además se ubican los transformadores trifásicos anteriormente citados de 75 KVA marca ELECTROMECHANICAS ORTIZ O.A.S.A de 13200V/(220-127)V \pm 2*2.5% destinado para los servicios generales y los equipos de computo y el segundo de ellos de 200KVA marca ANDINA DE TRANSFORMADORES de 13200V/(208-120)V \pm 2*2.5% destinado para el uso de los aires acondicionados; para realizar el diagnóstico y hacer énfasis serán importantes los barrajes de neutro y tierra, bandeja porta cable, puertas de acceso a los tableros y a la subestación, armarios, cable XLPE, cuba del transformador, estructuras de soporte, rejillas entre otros.

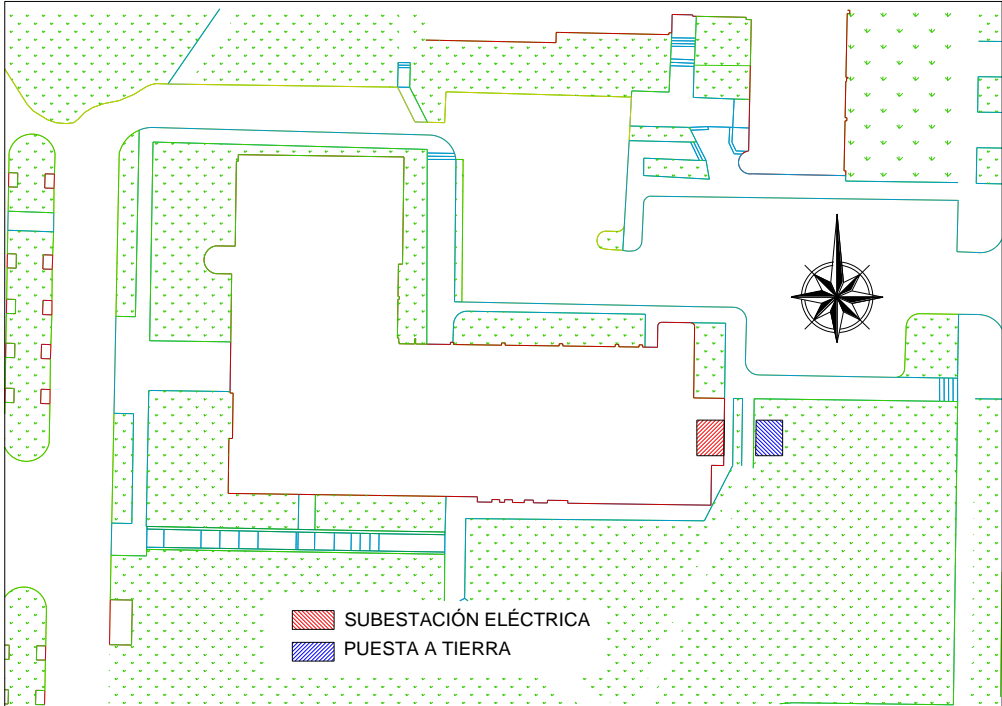
En el segundo de los cuartos está la planta eléctrica marca CUMMINS, potencia trifásica 156 KVA /125 KW tensión 127/220 V sobre un área 9,2 m² aquí se tendrán en cuenta la puerta de acceso, el chasis de la planta, la transferencia y las ventanas.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por una punta captadora asociada con su bajante que se ubica por el costado norte del edificio.

La puesta a tierra consta de 6 cajas de inspección localizadas en las inmediaciones de la subestación en el costado oriental del edificio en la zona verde, en una disposición rectangular formando 2 retículas.

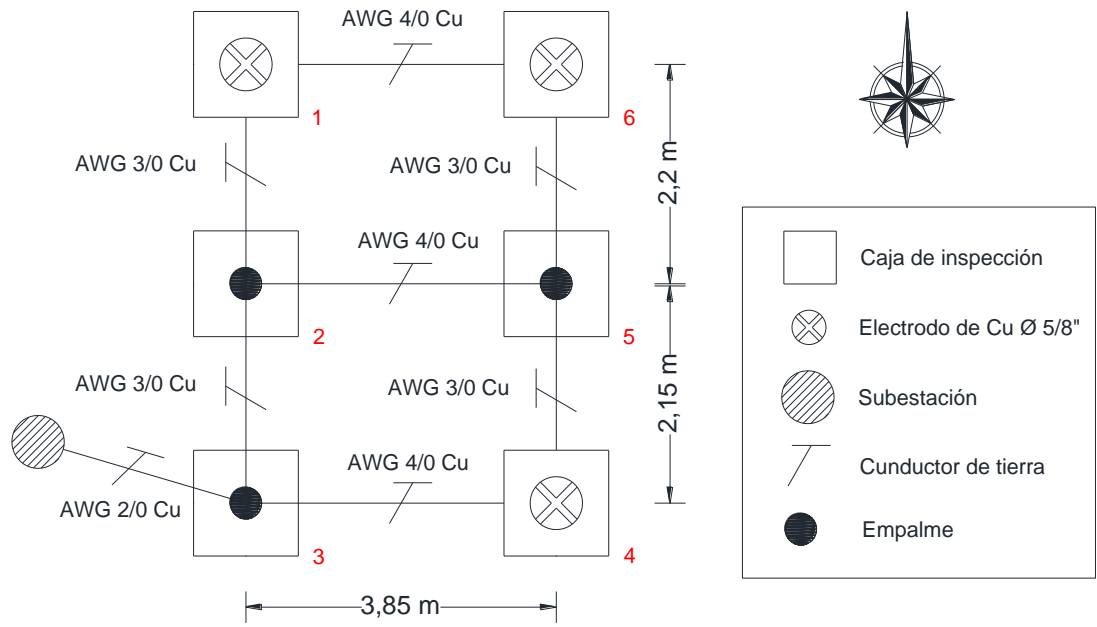
3.11.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 56 Ubicación subestación y puesta a tierra Administración I



Fuente: Los autores

Figura 57 Detalle puesta a tierra Administración I



Fuente: Los autores

3.11.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 40 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación N - S) Administración I.

Instalación: Administración I
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Septiembre 29 de 2011



Sentido de la medida: (Norte - Sur)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,53	0,53	0,53	0,53
4	0,59	0,59	0,59	0,59
6	0,66	0,66	0,66	0,66
8	1,32	1,31	1,3	1,31
10	1,58	1,52	1,54	1,55
12	1,96	1,98	1,98	1,97
14	2,75	2,73	2,7	2,73
16	3,28	3,26	3,23	3,26
18	3,88	3,9	3,88	3,89
20	4,24	4,21	4,24	4,23
22	4,88	4,81	4,87	4,85
24	5,63	5,7	5,7	5,68
26	6,23	6,18	6,2	6,20
28	6,81	6,84	6,82	6,82
32	8,59	8,58	8,62	8,60
34	11,32	11,2	11,19	11,24
36	16,8	17,4	17	17,07
38	27	26,8	27,2	27,00
40	35,7	35,9	35,9	35,83
42	48,3	48,2	48,2	48,23

Fuente: Los autores

Tabla 41 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación E - W) Administración I.

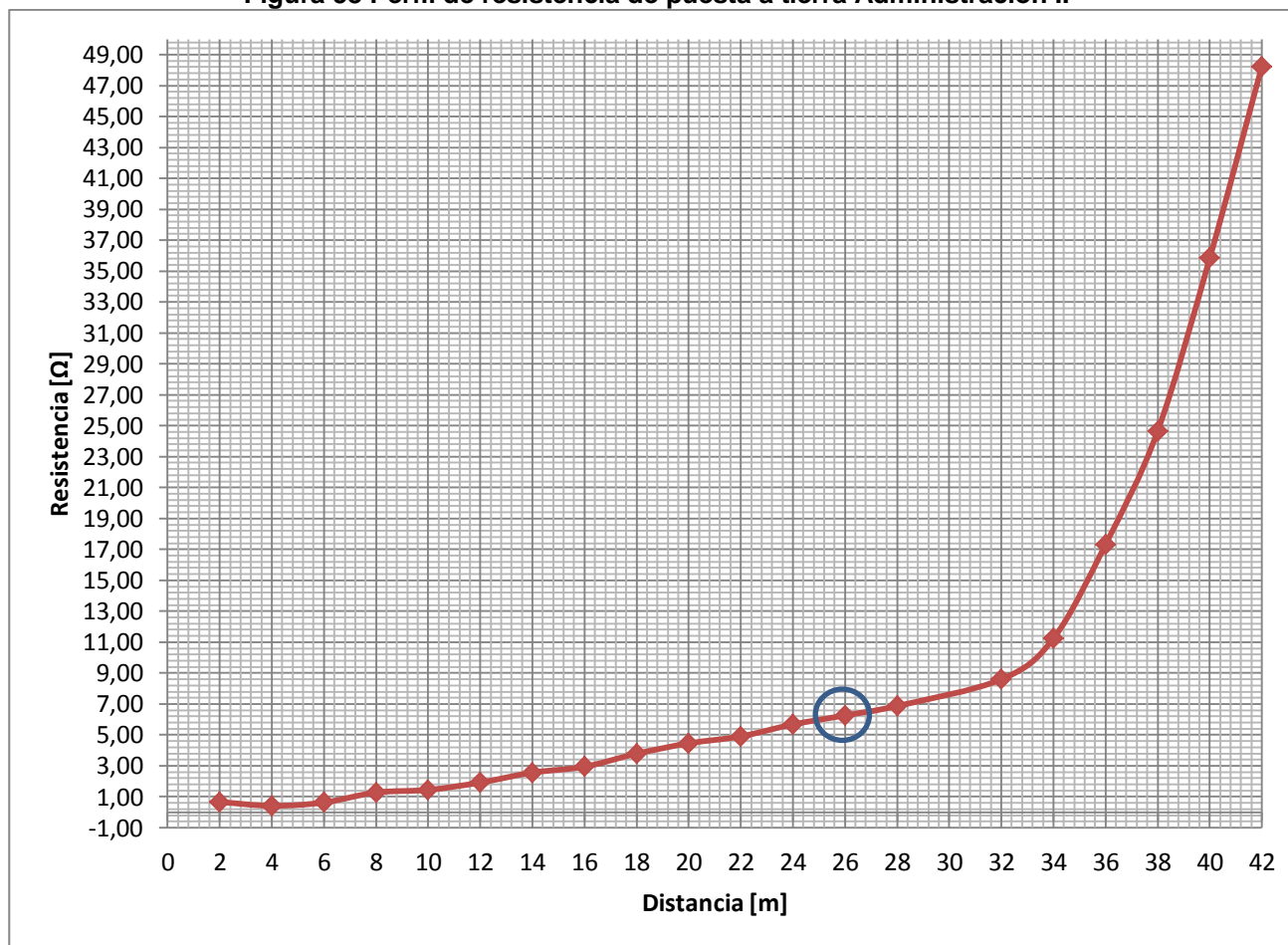
Instalación: Administración I
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Septiembre 29 de 2011



Sentido de la medida: (Oriente - Occidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,8	0,79	0,79	0,79
4	0,25	0,25	0,24	0,25
6	0,61	0,6	0,59	0,60
8	1,26	1,24	1,24	1,25
10	1,37	1,33	1,33	1,34
12	1,89	1,88	1,83	1,87
14	2,41	2,39	2,41	2,40
16	2,6	2,69	2,6	2,63
18	3,68	3,69	3,69	3,69
20	4,67	4,69	4,69	4,68
22	4,93	4,97	4,98	4,96
24	5,63	5,7	5,7	5,68
26	6,23	6,37	6,36	6,32
28	6,91	6,94	6,92	6,92
32	8,59	8,58	8,62	8,60
34	11,32	11,2	11,19	11,24
36	17,43	17,44	17,86	17,58
38	22,2	22,2	22,5	22,30
40	35,7	35,9	35,9	35,83
42	48,3	48,2	48,2	48,23

Fuente: Los autores

Figura 58 Perfil de resistencia de puesta a tierra Administración I.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 6.22 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.11.3 Medidas de continuidad

Tabla 42 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Administración I.



Instalación: Edificio Admón. I
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: 23 de Noviembre de 2011

R: Resistencia medida entre dos puntos A-B
L: longitud estimada entre los puntos A-B
A: Área o sección calculada del conductor A-B
999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,3	kA
Sección Mínima del Conductor	8,347	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida) (mΩ)	(Estimada) (m)	(Calculada) (mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1				
Cuba del transformador	11,8	6	9,15	Aceptable
Cable XLPE				No medido
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 2				
Cuba del transformador	37,1	9,2	4,46	No Aceptable
Cable XLPE				No medido
TABLERO GENERAL DE B.T.				
Barraje de neutro	31,9	9,4	5,30	No Aceptable
Barraje de tierra	6,5	9,2	25,48	Aceptable
TRANSFERENCIAS				
Barraje de tierra	52,9	5,4	1,84	No Aceptable
Barraje de neutro	47,1	5,4	2,06	No Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta	999999	3,7	0,00	No conectado
Cercha	999999	8,3	0,00	No conectado
ÁREA PLANTA DE EMERGENCIA				
Chasis				No medido
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Tubería galvanizada	999999	9,6	0,00	No conectado
Cercha 1	999999	10,4	0,00	No conectado
Cercha 2	999999	10,4	0,00	No conectado
Cercha 3	999999	10,4	0,00	No conectado
Puerta	999999	8,4	0,00	No conectado

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA EXTERNA				
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
Registro N° 2	5,90	2,2	6,71	No Aceptable
Registro N° 3	4,5	4,35	17,40	Aceptable
Registro N° 4	4,90	4,35	15,98	Aceptable
Registro N° 5	4,20	6,05	25,93	Aceptable
Registro N° 6	6,30	3,85	11,00	Aceptable

Fuente: Los autores

3.11.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 43 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración I.



Instalación: Administración I

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012

V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,3	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

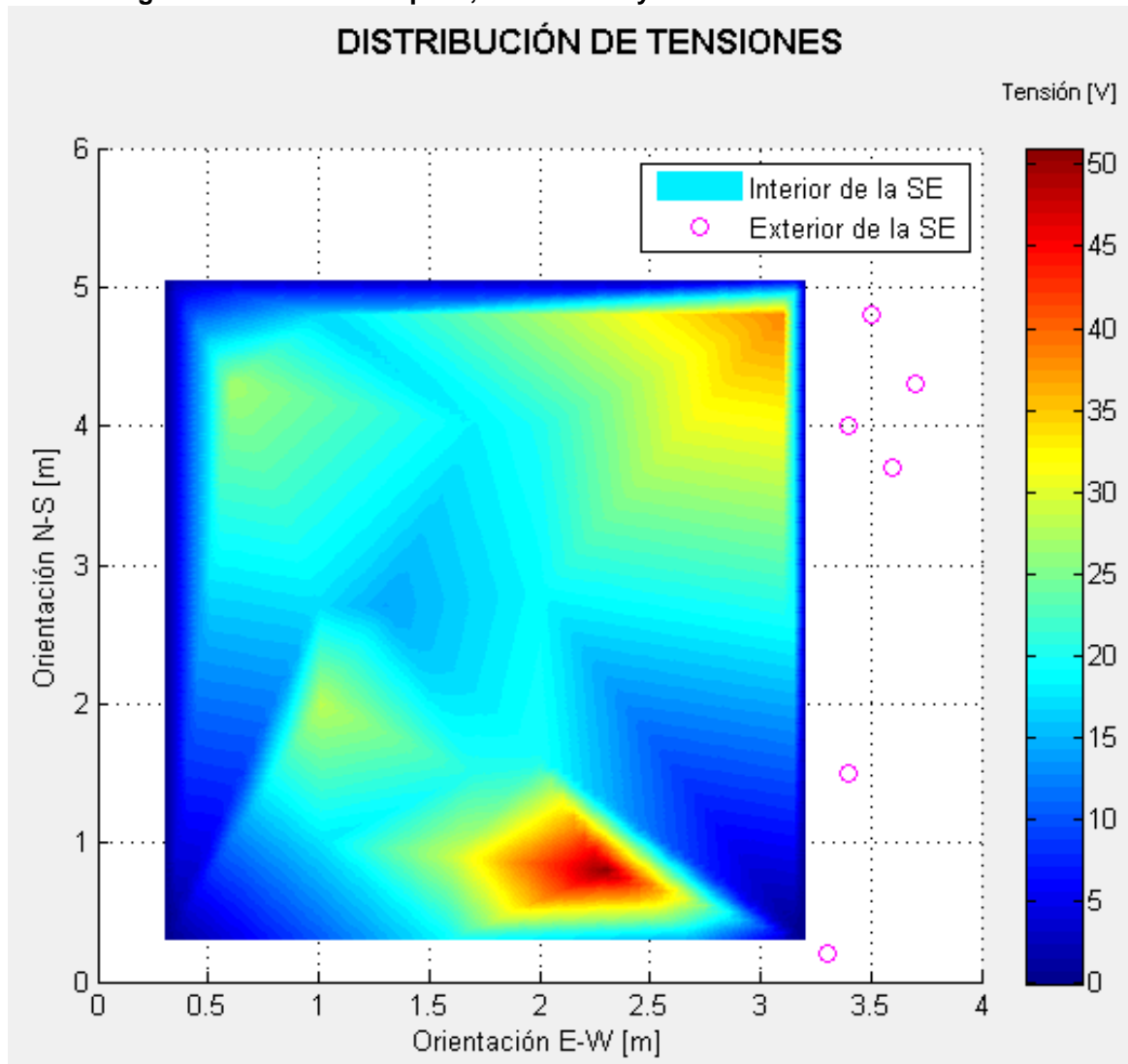
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	7,19	181,20	181,90	181,41	19,95	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	6,88	170,10	171,50	170,66	18,77	Aceptable
3	Cuarto de armarios de la subestación (3)	C	Up	5,15	198,20	168,70	183,97	20,24	Aceptable
4	Puerta de la planta	C	Up	6,98	173,60	174,50	173,91	19,13	Aceptable
5	Zona externa de la subestación frente puerta a transformador	C	Up	4,14	151,90	151,80	151,79	16,70	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
6	Zona externa de la subestación frente puerta a la planta	C	Up	4,56	158,70	159,20	158,88	17,48	Aceptable
7	Zona externa de la subestación e sentido oriente (1)	T	Up	6,98	173,60	174,50	173,91	19,13	Aceptable
8	Zona externa de la subestación e sentido oriente (1)	T	Up	0,17	180,10	190,20	185,22	20,37	Aceptable
9	Zona externa de la subestación e sentido oriente (1)	T	Up	0,15	180,00	189,40	184,76	20,32	Aceptable
10	Zona externa de la subestación e sentido oriente (1)	T	Up	0,21	134,50	138,40	136,46	15,01	Aceptable
11	Cuba del transformador 1	C	Uc	7,14	185,90	187,40	186,51	20,52	Aceptable
12	Cuba del transformador 2	C	Uc	5,18	165,40	165,90	165,57	18,21	Aceptable
13	Chasis Tablero general B.T.	C	Uc	156,00	489,00	489,50	463,71	51,01	Aceptable
14	Cercha (1) Cuarto de la Subestación	C	Uc	5,47	157,80	158,90	158,26	17,41	Aceptable
15	Cercha (2) Cuarto de la Subestación	C	Uc	5,39	156,20	156,40	156,21	17,18	Aceptable
16	Cercha (3) Cuarto de la Subestación	C	Uc	5,15	151,70	151,80	151,66	16,68	Aceptable
17	Puerta del cuarto de la Subestación	C	Uc	35,60	345,70	356,70	349,43	38,44	Aceptable
18	Puerta del cuarto de la Planta	C	Uc	28,90	131,50	131,50	128,28	14,11	Aceptable
19	Cuba del transformador 1-Cuba del transformador 2	C	Ud	0,18	123,50	135,10	129,43	14,24	Aceptable
20	Cuba del transformador 1-Chasis Tablero general B.T.	C	Ud	61,40	265,40	272,40	261,82	28,80	Aceptable
21	Cuba del transformador 1-Sercha (1) Cuarto de la Subestación	C	Ud	45,00	256,40	265,80	257,24	28,30	Aceptable
22	Cuba del transformador 2-Sercha (2) Cuarto de la Subestación	C	Ud	34,00	246,70	249,80	245,92	27,05	Aceptable





Fuente: Los autores




En la Figura 59 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 59 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración I.






3.11.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.




No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Ausencia tapa removible	Caja de inspección No 1	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 1	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección No 2	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 2	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
5	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección No 3	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
6	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 3	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección No 6	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
8	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 6	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
9	Ausencia tapa removible	Caja de inspección No 5	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 5	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
11	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección No 5	RETIE 15.2 d	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
12	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 4	RETIE 15.3.3 c	03/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Conexión equipotencial no existente	Puerta de acceso subestación eléctrica	RETIE 15.2 a	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
14	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero general	RETIE 15.2 a	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
15	Conexión equipotencial no existente	Estructura metálica	RETIE 15.2 a	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
16	Conexión inadecuada	Conductor aislamiento xlpe	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		
17	Solo un conductor bajante.	Bajante punta de captación	RETIE 18.3.2	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: El sistema de apantallamiento debe tener como mínimo dos conductores bajantes hacia el sistema de puesta a tierra.</p>		
18	Conexión inadecuada	Conductor bajante sistema de captación	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
19	Conexión inadecuada	Puesta a tierra sistema de captación	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
			<p>Diagnóstico: Las conexiones entre los conductores de puesta a tierra y los electrodos de puesta a tierra se deben hacer mediante soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso, de manera que las uniones queden mecánica y eléctricamente seguros.</p>	

3.11.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Instalación de tapa removible	\$ 44.000	2
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
4	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
5	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
6	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
7	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
8	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
9	Instalación de tapa removible	\$ 44.000	2
10	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
11	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
12	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
13	Equipotencializar puerta de acceso a la subestación mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
14	Equipotencializar puerta del tablero general mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
15	Equipotencializar estructura de soporte del tejado mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19

Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
16	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar unión por conector certificado	\$ 29.400	15
17	Instalar un segundo conductor bajante y equipotencializarlo con el sistema de puesta a tierra, por conductor #2/0.	\$ 1'990.000	24
18	Cambiar conductor bajante por calibre #2/0.	\$ 1'245.000	25
19	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
20	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8.	\$ 2'710.000	23
TOTAL		\$ 6'960.400	

3.12 ADMINISTRACION II

Subestación eléctrica ubicada en el costado occidental del edificio, colindado con el paso peatonal y jardines de flores, se divide en dos cuartos (transformador y tableros). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta abatible metálica accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En el cuarto de los tableros con un área 8,05 m² se hallan los tableros generales, con seccionamiento en aceite de 15,5 KV que interconecta las subestación de Administración I de donde toma su alimentación en media tensión con dicha subestación, los principales puntos de atención para realizar el diagnóstico y las mediciones serán los barrajes neutro y tierra, rejillas, dâmperes cortafuego y puertas de acceso a los tableros y a la subestación.

En el segundo de los cuartos está ubicado el transformador trifásico de 300 KVA marca RYMEL de 13200V/ (214-124) V $\pm 2 \cdot 2.5\%$ sobre un área de 7,29m², allí se hará énfasis en la puerta cortafuego, cuba del transformador, cable XLPE y dâmpers cortafuego.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por 3 puntas captadoras cada una de ellas relacionado con su bajante que desciende por los costados del edificio, además posee un anillo que interconecta dicho sistema.

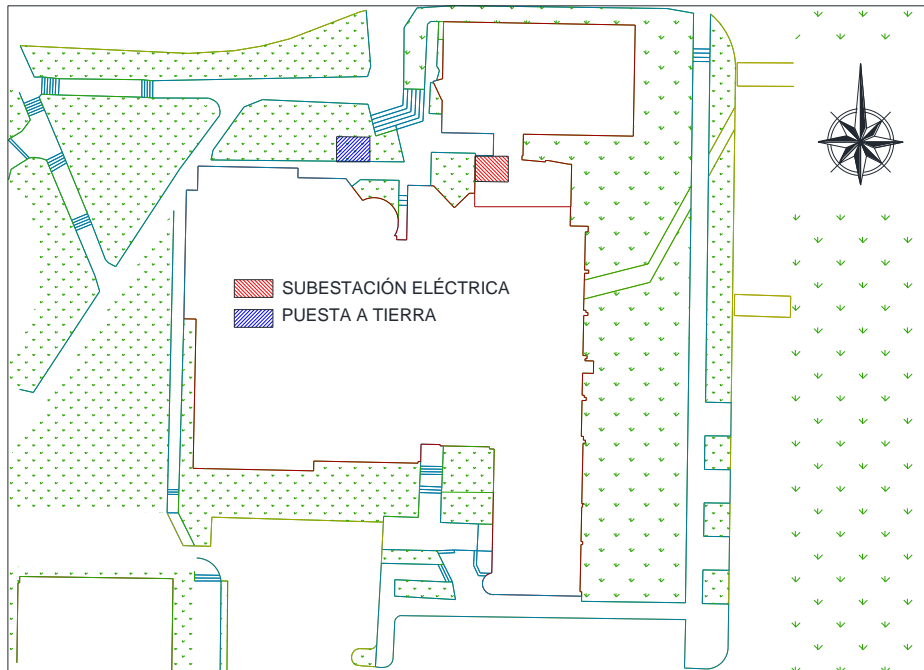
Inspeccionado la periferia de la subestación lugar donde se encuentra la puesta a tierra, se observa la alta concentración de escombros y basuras, la falta de poda de la hierba y el muy mal estado de las cajas de inspección sin el mantenimiento y la demarcación necesaria

La puesta a tierra consta de 4 cajas de inspección localizadas en inmediaciones de la subestación en el costado occidental en un jardín adyacente al edificio en una disposición rectangular formando una retícula. Cada una de estas cajas se

relaciona con su electrodo conformado por una varilla copperweld de cobre de 5/8" se acopla mediante soldadura exotérmica a los conductores de cobre # 2/0.

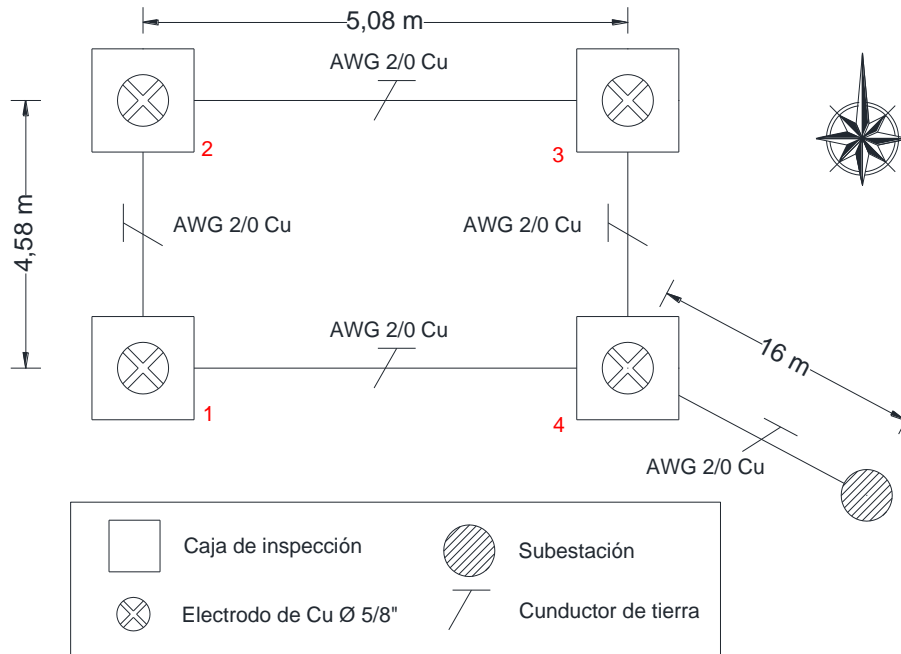
3.12.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 60 Ubicación subestación y puesta a tierra Administración II.



Fuente: Los autores

Figura 61 Detalle puesta a tierra Administración II.



Fuente: Los autores

3.12.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 44 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación O - W) Administración II.

Instalación: Administración II

Ciudad: Bucaramanga

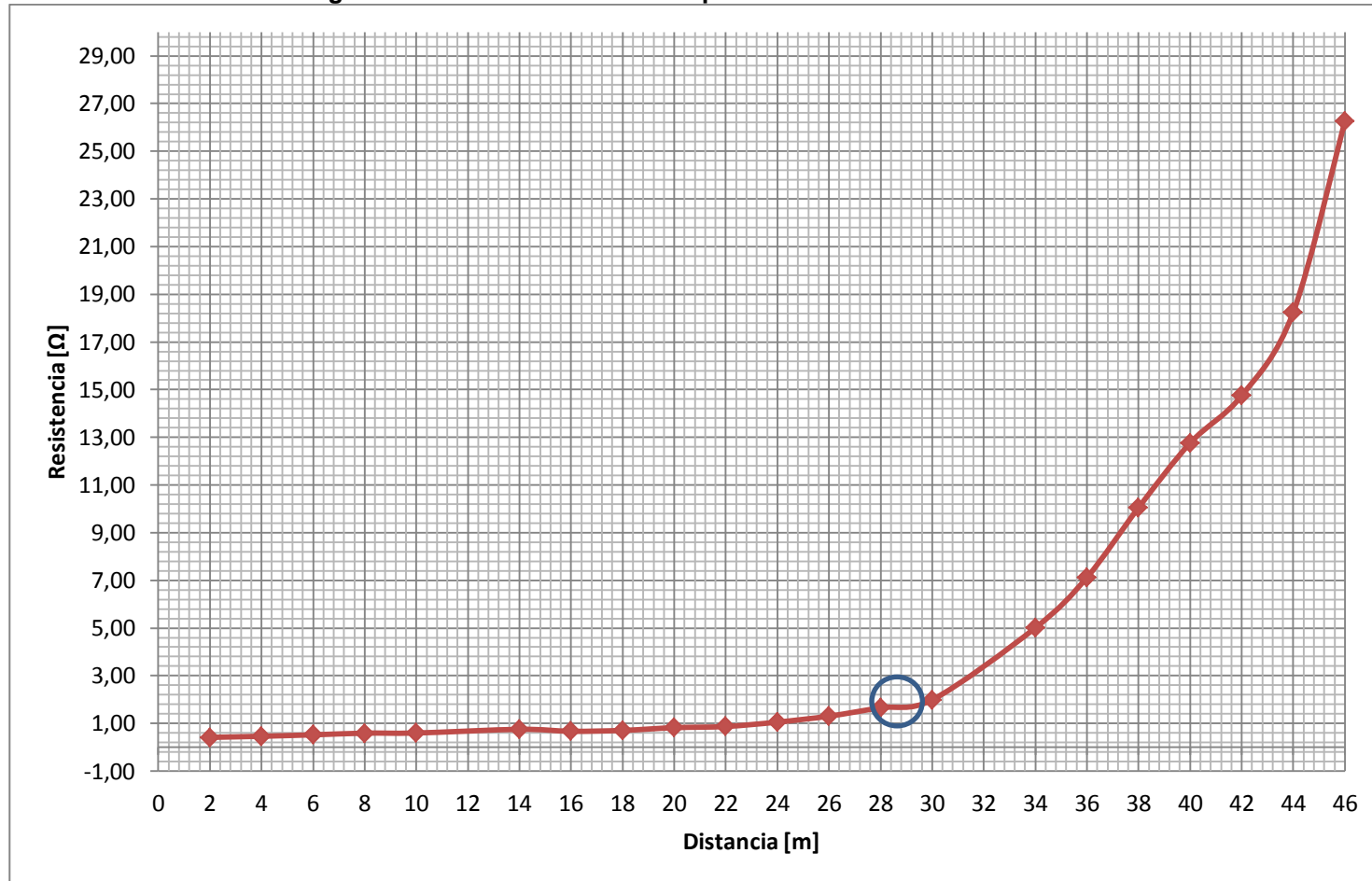
Fecha: Septiembre 29 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Oriente - Occidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,41	0,42	0,41	0,41
4	0,44	0,45	0,49	0,46
6	0,52	0,54	0,5	0,52
8	0,59	0,6	0,58	0,59
10	0,61	0,59	0,59	0,60
14	0,74	0,76	0,75	0,75
16	0,68	0,67	0,66	0,67
18	0,71	0,71	0,7	0,71
20	0,82	0,84	0,8	0,82
22	0,87	0,87	0,87	0,87
24	1,05	1,07	1,04	1,05
26	1,32	1,3	1,29	1,30
28	1,66	1,65	1,66	1,66
30	1,99	1,98	1,99	1,99
34	5,05	4,96	5,02	5,01
36	7,14	7,1	7,13	7,12
38	10,02	10,09	10,04	10,05
40	12,76	12,74	12,78	12,76
42	14,72	14,75	14,78	14,75
44	18,16	18,2	18,39	18,25
46	26,1	26,3	26,4	26,27

Fuente: Los autores

Figura 62 Perfil de resistencia de puesta a tierra Administración II.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 1,68 Ω. De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.12.3 Medidas de continuidad

Tabla 45 Resultado de equipotencialidad del S.P.T. Administración II.

Instalación: Administración II

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Octubre 4 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,3	kA
Sección Mínima del Conductor	8,347	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida) (mΩ)	(Estimada) (m)	(Calculada) (mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador	17,8	16	16,18	Aceptable
Damper cortafuego superior	999999	14,8	0,00	No conectado
Damper cortafuego inferior	999999	15,6	0,00	No conectado
Puerta cortafuego (sección derecha)	999999	15	0,00	No conectado
Puerta cortafuego (sección izquierda)	999999	17	0,00	No conectado
ÁREA ARMARIOS				
TABLERO GENERAL DE B.T.				
Barraje	13,4	15,6	20,96	Aceptable
Puerta derecha	16,9	15,7	16,72	Aceptable
Puerta centro	999999	15,1	0,00	No conectado
Puerta izquierda	999999	14,2	0,00	No conectado
Barraje de neutro 1	14,8	15,6	18,97	Aceptable
Barraje de neutro 2	14,9	14,8	17,88	Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta	999999	13	0,00	No conectado
Ventana superior	999999	17,2	0,00	No conectado
ÁREA EXTERNA				
Registro N° 1	1,44	9,9	123,75	Aceptable
Registro N° 2	1,05	5,3	90,86	Aceptable
Registro N° 3	1,07	4,6	77,38	Aceptable
Registro N° 4	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia

Fuente: Los autores

3.12.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 46 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración II.

Instalación: Administración II

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,3	KA
Intensidad de la inyección	30	A

Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Valores máximos admisibles [V]		
		Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

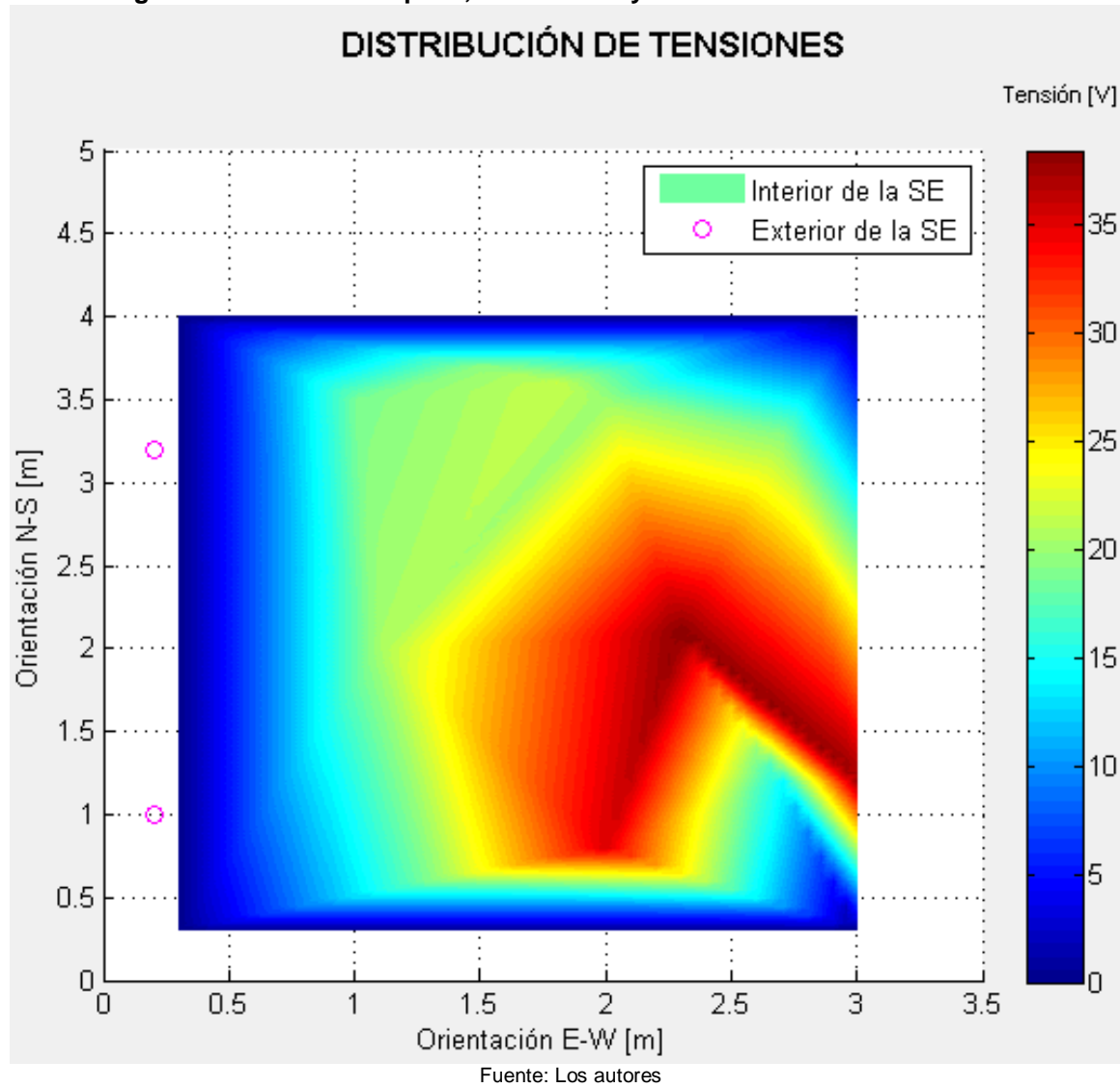
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios (1)	C	Up	7,19	181,20	181,90	181,41	19,95	Aceptable
2	Cuarto de armarios (2)	C	Up	6,88	170,10	171,50	170,66	18,77	Aceptable
3	Cuarto del transformador (1)	C	Up	6,98	173,60	174,50	173,91	19,13	Aceptable
4	Cuarto del transformador (2)	C	Up	6,98	173,60	174,50	173,91	19,13	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Cuba del transformador	C	Uc	7,14	185,40	187,40	186,27	20,49	Aceptable
6	Puerta cuarto transformador sección derecha	C	Uc	28,90	131,50	131,50	128,28	14,11	Aceptable
7	Puerta cuarto transformador sección izquierda	C	Uc	30,10	342,20	352,30	345,98	38,06	Aceptable
8	Puerta cuarto armarios	C	Uc	35,60	345,80	356,10	349,18	38,41	Aceptable
9	Puerta armario tablero general	C	Uc	1,65	180,10	175,90	178,00	19,58	Aceptable
10	Puerta armario tablero general-Puerta acceso cuarto armarios	C	Ud	12,50	195,60	198,50	196,66	21,63	Aceptable
11	Puerta cuarto transformador-Capsula transformador	C	Ud	161,00	356,80	362,40	321,56	35,37	Aceptable
12	Zona verde frente cuarto armarios	T	Up	4,14	151,90	151,80	151,79	16,70	Aceptable
13	Zona verde frente cuarto transformador	T	Up	4,56	158,70	156,20	157,39	17,31	Aceptable





Fuente: Los autores




En la Figura 63 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 63 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Administración II.














3.12.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección No 4	RETIE 15.2 d	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 4	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección No 1	RETIE 15.2 d	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 1	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
5	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección No 2	RETIE 15.2 d	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
6	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 2	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Ausencia de tapa removible	Caja de inspección No 3	RETIE 15.2 d	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
8	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 3	RETIE 15.3.3 c	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
9	Conexión equipotencial no existente	Damper inferior cuarto transformador	RETIE 15.2 a	06/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha	
10	Conexión equipotencial no existente	Damper superior cuarto transformador	RETIE 15.2 a	06/09/2011	
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	
11	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador sección izquierda	RETIE 15.2 a	06/09/2011	
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	
12	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador sección derecha	RETIE 15.2 a	06/09/2011	
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha	
13	Conexión inadecuada	Anillo equipotencial sistema de captación	RETIE 15.3.3 c	06/09/2011	
			<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
14	Conexión inadecuada	Anillo equipotencial sistema de captación	RETIE 15.3.3 c	06/09/2011	
			<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		

3.12.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
4	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
5	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
6	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
7	Instalación de tapa removible	\$ 44.000	2
8	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
9	Equipotencializar dámper inferior del cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
10	Equipotencializar dámper superior del cuarto del transformador mediante conductor adecuado.	\$ 26.650	19
11	Equipotencializar sección derecha de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
12	Equipotencializar sección izquierda de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
13	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
14	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
15	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8 THHN.	\$ 1'872.000	27
TOTAL		\$ 2'710.200	

3.13 LABORATORIOS DE CARACTERIZACIÓN

Subestación eléctrica ubicada en el costado norte del edificio, colindando con el ingreso vehicular al lugar y una zona de estacionamiento, dividida en dos cuartos (tablero y transformador). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta metálica abatible y accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

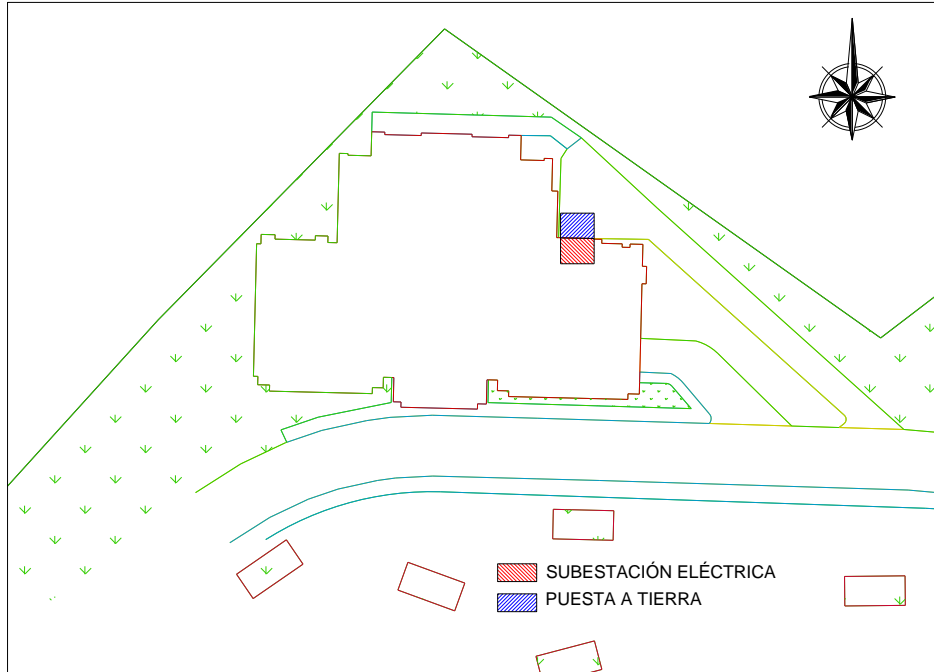
En el cuarto de los tableros con un área de 11,6 m² se encuentra el tablero general y los equipos de medida así como celdas de seccionamiento en SF6 15,5KV que interconecta esta subestación con la subestación principal (Ing. eléctrica) de donde toma la alimentación en media tensión, además de una caja de inspección de la puesta a tierra del sistema, otros puntos de atención para el estudio serán los barrajes neutro y de tierra, las puertas de acceso a los tableros y al transformador, ventanas y armarios.

En el segundo de los cuartos se ubica el transformador trifásico de 225 KVA marca MAGNETRON de 13200V/(214-123)V $\pm 2 \cdot 2.5\%$, sobre un área de 8,12m², allí se hará énfasis en la puerta cortafuego, cuba del transformador, cable XLPE, bandeja porta cables, dämperes cortafuegos y estructuras de soporte.

En el seguimiento visual que se realizó no se encontraron puntas captadoras que formen parte del sistema de apantallamiento de la edificación, así como equipo de respaldo ante falla en el suministro principal de la subestación como planta eléctrica o algún otro grupo electrógeno.

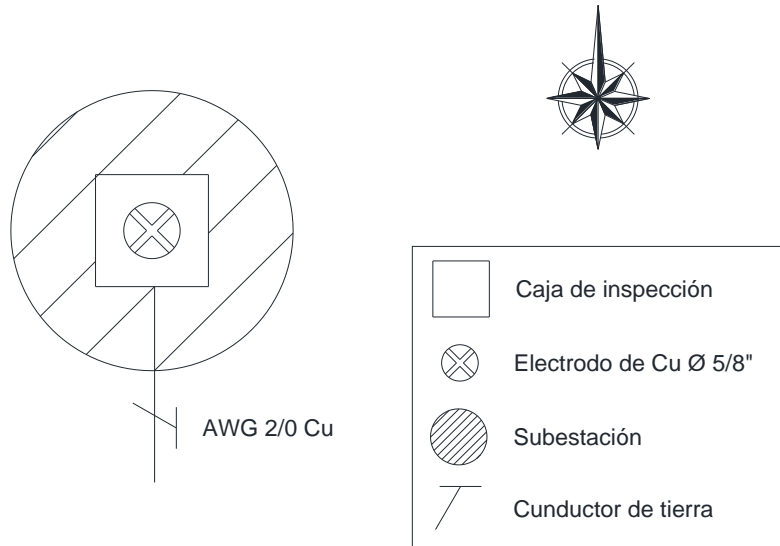
3.13.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 64 Ubicación subestación y puesta a tierra Lab. De Caracterización



Fuente: Los autores

Figura 65 Detalle puesta a tierra Lab. De Caracterización



Fuente: Los autores

3.13.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 47 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación NO - SW) Lab. Caracterización.

Instalación: Laboratorios de caracterización

Ciudad: Bucaramanga

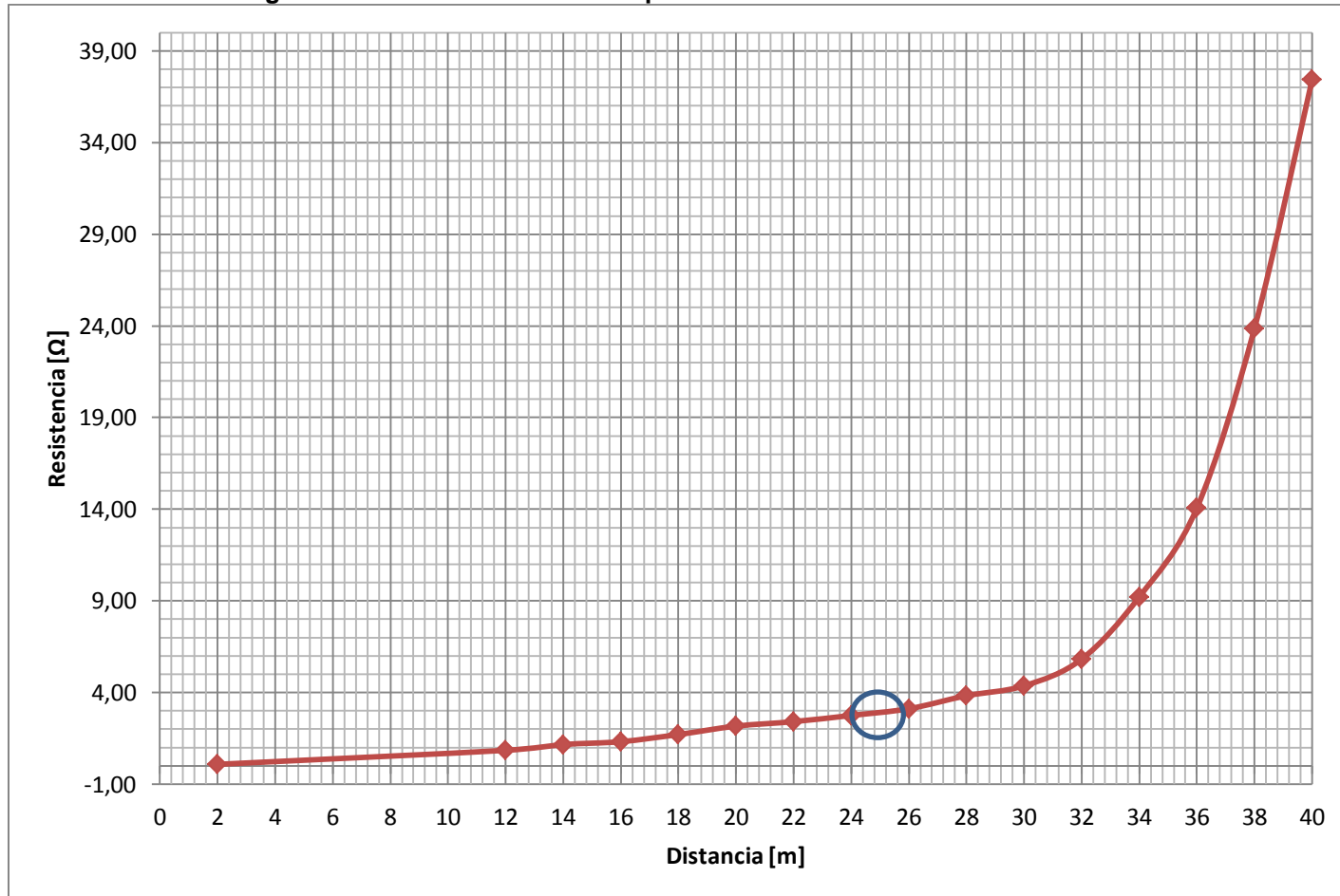
Fecha: Septiembre 30 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Nororientado - Suroccidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,09	0,07	0,09	0,08
12	0,85	0,85	0,84	0,85
14	1,17	1,16	1,16	1,16
16	1,32	1,32	1,32	1,32
18	1,71	1,71	1,71	1,71
20	2,17	2,16	2,17	2,17
22	2,41	2,42	2,41	2,41
24	2,74	2,76	2,75	2,75
26	3,13	3,1	3,12	3,12
28	3,81	3,84	3,83	3,83
30	4,36	4,38	4,36	4,37
32	5,82	5,83	5,82	5,82
34	9,26	9,16	9,23	9,22
36	14,08	14,06	14,06	14,07
38	23,9	23,9	23,8	23,87
40	37	38,2	37,1	37,43

Fuente: Los autores

Figura 66 Perfil de resistencia de puesta a tierra Lab. De Caracterización.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 2,83 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.13.3 Medidas de continuidad

Tabla 48 Resultados equipotencialidad del S.P.T. Lab. De Caracterización.

Instalación: Lab. de caracterización

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Noviembre 15 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	2,8	kA
Sección Mínima del Conductor	7,082	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida) (mΩ)	(Estimada) (m)	(Calculada) (mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Puerta derecha capsula	7,5	2,1	5,04	No Aceptable
Puerta izquierda capsula	999999	2,15	0,00	No conectado
Bandeja portacable de M.T.				No medido
Cable XLPE				No medido
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Estructura metálica	999999	2,9	0,00	No conectado
Tubería galvanizada	999999	3,7	0,00	No conectado
Damper cortafuego superior	999999	3,9	0,00	No conectado
Damper cortafuego inferior	999999	1,5	0,00	No conectado
Puerta cortafuegos (sección derecha)	999999	1,1	0,00	No conectado
Puerta cortafuegos (sección izquierda)	999999	2,6	0,00	No conectado
ÁREA ARMARIOS				
CELDAS				
Barraje de tierra	12,1	3,2	4,76	No Aceptable
TABLERO GENERAL				
Barraje de tierra	13,7	0,8	1,05	No Aceptable
Barraje de neutro	14,5	0,8	0,99	No Aceptable
Puerta gabinete	114,6	0,9	0,14	No Aceptable
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta acceso	999999	1,6	0,00	No conectado

Fuente: Los autores

3.13.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 49 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Lab. De Caracterización.

Instalación: Lab. De Caracterización

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	2,8	KA
Intensidad de la inyección	30	A

Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Valores máximos admisibles [V]		
		Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

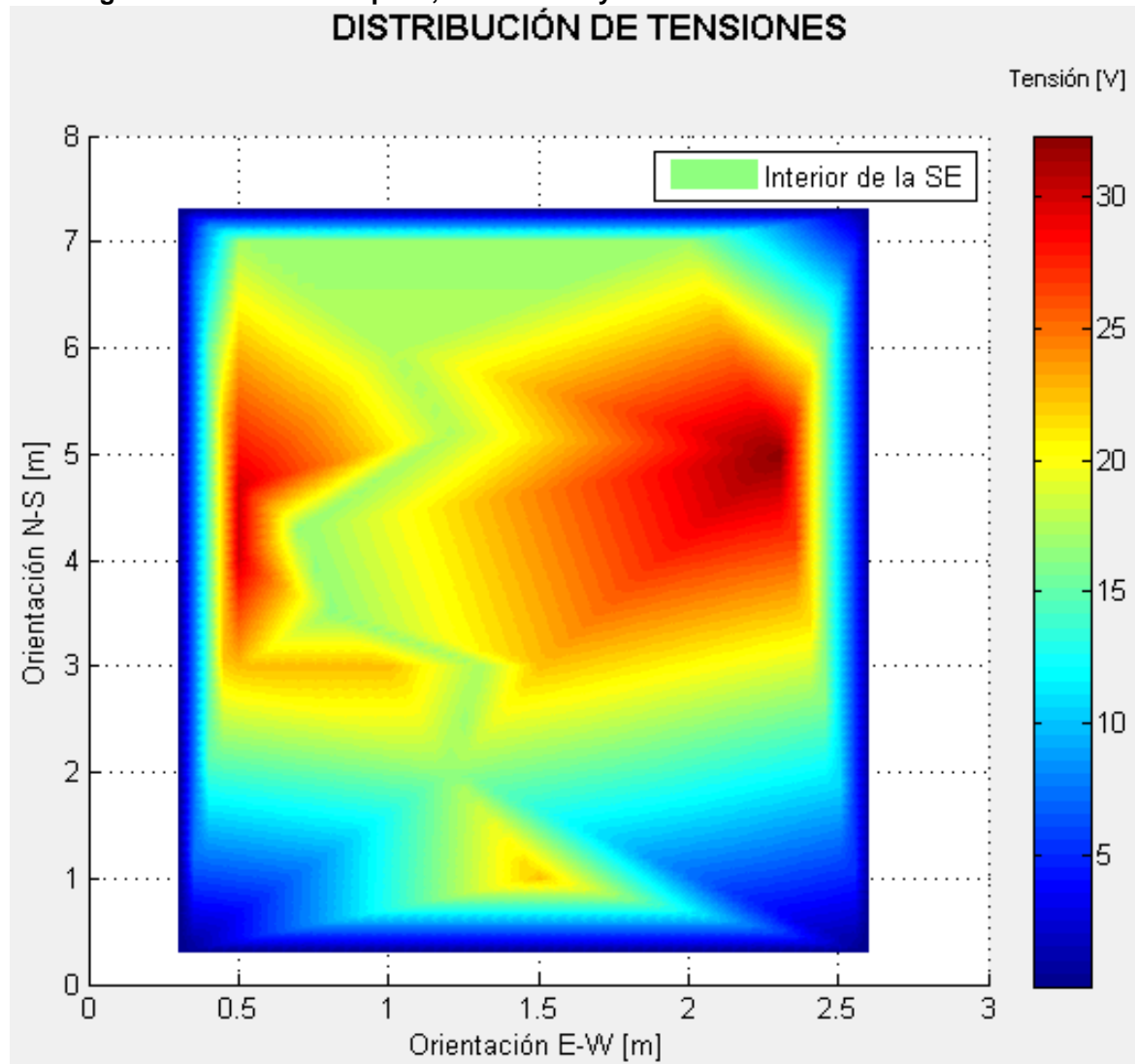
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	15,64	185,10	189,60	186,71	17,43	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	14,50	176,50	176,10	175,70	16,40	Aceptable
3	Puerta del tablero General	C	Uc	95,00	334,20	335,60	321,14	29,97	Aceptable
4	Puerta del tablero del equipo de medida	C	Uc	95,00	334,20	335,60	321,14	29,97	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Puerta derecha de acceso a la subestación	C	Uc	43,00	187,00	189,00	183,02	17,08	Aceptable
6	Puerta izquierda de acceso a la subestación	C	Uc	43,00	187,00	189,00	183,02	17,08	Aceptable
7	Puerta de celdas de protección	C	Uc	123	367	368,00	346,31	32,32	Aceptable
8	Puerta derecha de acceso al cuarto del transformador	C	Uc	87,70	256,40	256,80	241,15	22,51	Aceptable
9	Puerta izquierda de acceso al cuarto del transformador	C	Uc	87,70	256,40	256,80	241,15	22,51	Aceptable
10	Capsula del transformador	C	Uc	65,20	189,20	189,50	177,77	16,59	Aceptable
11	Damper derecho	C	Uc	87,70	256,40	256,80	241,15	22,51	Aceptable
12	Estructura metálica	C	Uc	87,70	256,40	256,80	241,15	22,51	Aceptable
13	Puerta Tablero general- Puerta Tablero equipo de medida	C	Ud	66,70	188,90	189,90	177,27	16,54	Aceptable
14	Puerta derecha-izquierda de acceso a la subestación	C	Ud	64,00	198,30	193,50	185,17	17,28	Aceptable
15	Puerta derecha-izq. de acceso al cuarto del transformador	C	Ud	75,40	198,50	199,60	184,22	17,19	Aceptable

Fuente: Los autores








En la Figura 67 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.



Figura 67 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Lab. De Caracterización.












Fuente: Los autores

3.13.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Punto de conexión y medición inaccesible	Caja de inspección puesta a tierra	RETIE 15.2 d	08/09/2011
  		<p>Diagnóstico: Residuos sólidos como basura, tierra, arena y rocas dentro de la caja de inspección, los cuales no permiten un fácil acceso al punto de conexión.</p>		
2	Ausencia de tapa removible	Caja de inspección puesta a tierra	RETIE 15.2 d	08/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La no existencia de la tapa de la caja de inspección permite que se llene fácilmente de escombros y demás residuos imposibilitando el fácil acceso al punto de conexión.</p>		
3	Conexión equipotencial no existente	Puerta de acceso subestación eléctrica	RETIE 15.2.a	08/09/2011
 		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión equipotencial no existente	Estructura metálica cuarto transformador	RETIE 15.2.a	08/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
5	Conexión equipotencial no existente	Damper inferior cuarto transformador	RETIE 15.2.a	08/09/2011
 		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
6	Conexión equipotencial no existente	Damper superior cuarto transformador	RETIE 15.2.a	08/09/2011
 		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador sección izquierda	RETIE 15.2.a	08/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
8	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador sección derecha	RETIE 15.2.a	08/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
9	Puente equipotencial no existente	Puerta equipos de medición	RETIE 15.2.a	08/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Puente equipotencial no existente	Puerta transformadores de medida	RETIE 15.2.a	08/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>
11	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero totalizador	RETIE 15.2.a	08/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>
12	Puente equipotencial no existente	Chasis tablero equipos de medida	RETIE 15.2.a	08/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
13	Barraje no aislado	Barraje de tierra tablero general	RETIE 15.3.3 e	08/09/2011
			<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>	

3.13.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Remover escombros y basura de la zona en la cual se encuentra ubicada la puesta a tierra	\$ 32.000	1
2	Instalación de tapa removible	\$ 44.000	2
3	Equipotencializar puerta de acceso a la subestación mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
4	Equipotencializar estructura metálica ubicada en el cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
5	Equipotencializar dámper inferior del cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
6	Equipotencializar dámper superior del cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
7	Equipotencializar sección derecha de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
8	Equipotencializar sección izquierda de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
9	Equipotencializar puerta del gabinete donde se encuentran los equipos de medición mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
10	Equipotencializar puerta del gabinete donde se encuentran los transformadores de medida mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
11	Equipotencializar puerta del gabinete donde se encuentran el totalizador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
12	Equipotencializar chasis del tablero general medida mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
13	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
14	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8 THHN.	\$ 751.900	28
TOTAL		\$ 1'186.400	

3.14 CIENCIAS HUMANAS

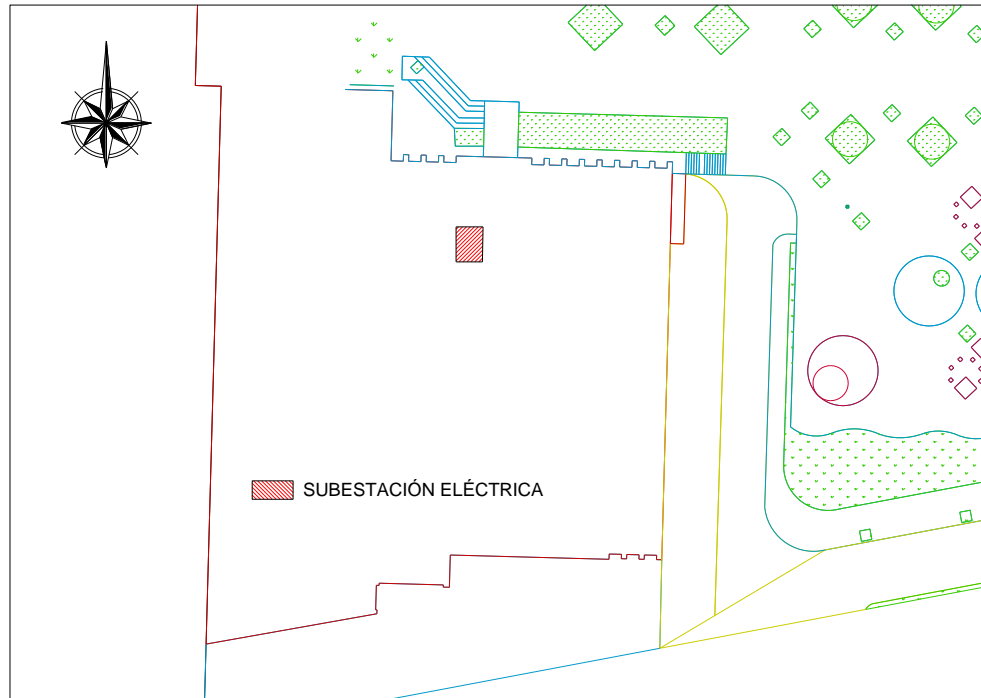
Subestación eléctrica ubicada en el sótano del edificio, encuentra su paso restringido por una cerca metálica que delimita y advierte el paso condicionado a esta área. Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta metálica abatible y accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

En un área de 43,2 m² se localiza la subestación donde se ubica el transformador trifásico tipo jardín de 400 KVA marca SIEMENS de 13200V/(215-124)V \pm 2*2.5% y celda de seccionamiento en aceite de 15,5 KV que interconecta esta subestación con la estructura de distribución de donde toma la alimentación en media tensión, además, la planta eléctrica marca CUMMINS con potencia trifásica 260 KVA, 127/220 V, otras partes metálicas dicientes dentro del análisis serán los barrajes neutro y tierra, las puertas de acceso a los tableros y celdas, cerca de encerramiento, chasis de la planta y de los armarios, cuba del transformador, ventanas, dâmperes, cable XLPE entre otros.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por una punta captadora asociada con su bajante que se ubica por el costado del edificio.

3.14.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 68 Ubicación subestación y puesta a tierra Ciencias Humanas



Fuente: Los autores

3.14.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 50 Datos de resistencia de puesta a tierra Ciencias Humanas.

Instalación: Edificio Ciencias Humanas

Ciudad: Bucaramanga

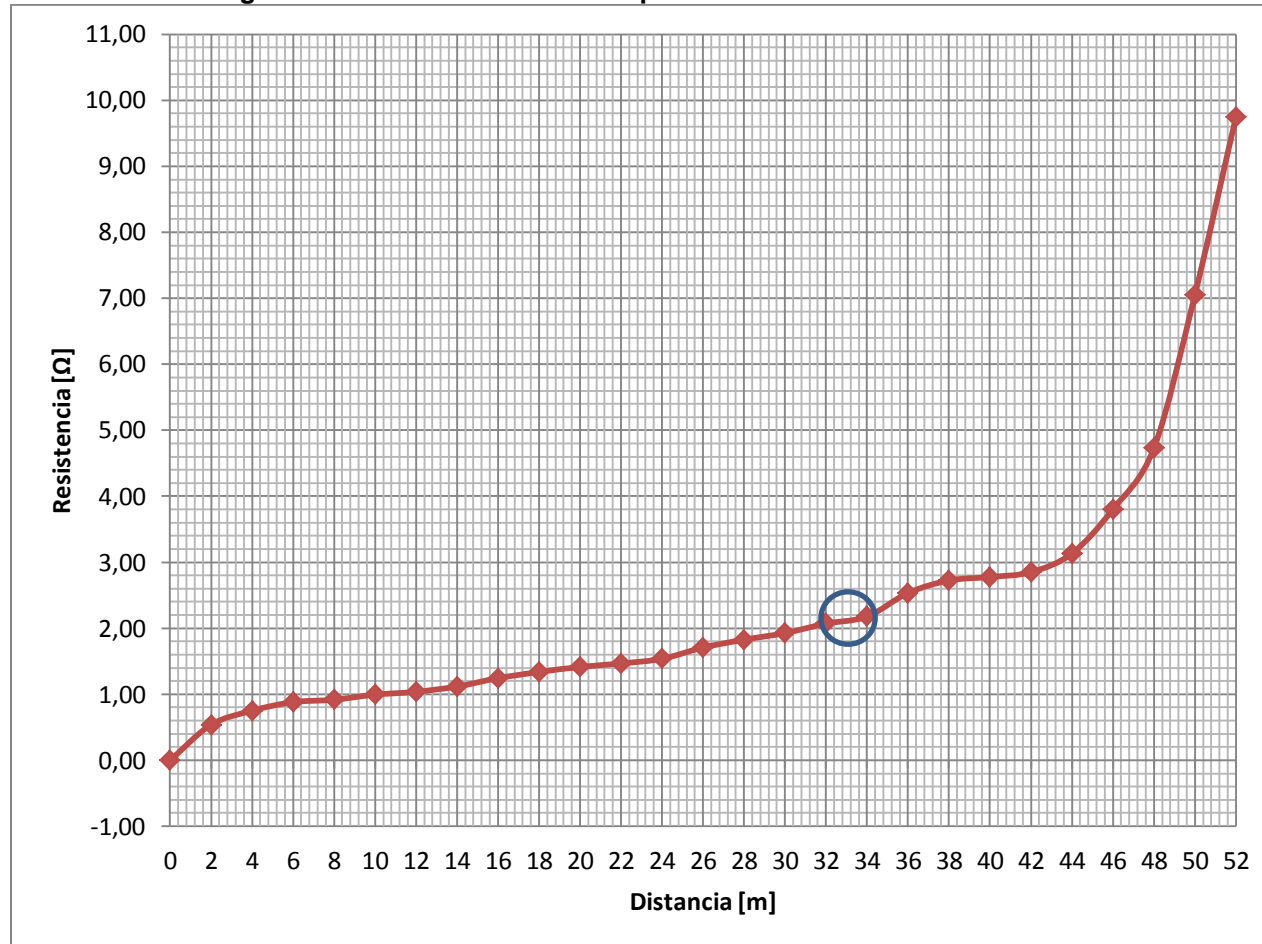
Fecha: Septiembre 28 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Norte-Sur)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
0	0	0	0	0,00
2	0,55	0,55	0,51	0,54
4	0,76	0,75	0,74	0,75
6	0,91	0,88	0,85	0,88
8	0,92	0,92	0,91	0,92
10	1,01	0,99	0,98	0,99
12	1,03	1,05	1,03	1,04
14	1,12	1,12	1,11	1,12
16	1,27	1,24	1,22	1,24
18	1,34	1,35	1,32	1,34
20	1,44	1,38	1,42	1,41
22	1,48	1,45	1,47	1,47
24	1,52	1,54	1,55	1,54
26	1,69	1,72	1,71	1,71
28	1,82	1,82	1,84	1,83
30	1,93	1,92	1,93	1,93
32	2,05	2,08	2,08	2,07
34	2,19	2,17	2,17	2,18
36	2,54	2,55	2,51	2,53
38	2,73	2,71	2,73	2,72
40	2,79	2,75	2,79	2,78
42	2,85	2,83	2,87	2,85
44	3,12	3,16	3,12	3,13
46	3,79	3,81	3,81	3,80
48	4,73	4,73	4,73	4,73
50	7,06	7,05	7,05	7,05
52	9,74	9,73	9,77	9,75

Fuente: Los autores

Figura 69 Perfil de resistencia de puesta a tierra Ciencias Humanas.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 2,08 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítulo 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.14.3 Medidas de continuidad

Tabla 51 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Ciencias Humanas.

Instalación: Ciencias Humanas
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: 23 de Noviembre de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B
L: longitud estimada entre los puntos A-B
A: Área o sección calculada del conductor A-B
999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	3,2	kA
Sección Mínima del Conductor	8,094	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Cuba del transformador				No medido
Bandeja portacable de M.T.	999999	2,5	0,00	No conectado
Cable XLPE				No medido
Barraje de tierra	32,06	2,8	1,57	No Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta cortafuegos (sección derecha)	999999	2,2	0,00	No conectado
Puerta cortafuegos (sección izquierda)	999999	4,2	0,00	No conectado
Ventana	999999	4,2	0,00	No conectado
ÁREA ARMARIOS				
TABLERO DE MEDIDA POR A.T.				
Barraje				No medido
TABLERO GENERAL DE B.T.				
Barraje de tierra	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
TABLERO AIRES ACONDICIONADOS				
Barraje de tierra	0,311	1	57,88	Aceptable
TABLERO CONTACTORES				
Barraje de tierra	26,48	1,2	0,82	No Aceptable
Barraje de tierra auxiliar	23,79	1,4	1,06	No Aceptable
Barraje de neutro	23,73	1	0,76	No Aceptable
Puerta	293,4	1,4	0,09	No Aceptable
TABLERO DE MEDIDA POR B.T.				
Barraje	23,24	3,4	2,63	No Aceptable

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA ARMARIOS				
PLANTA DE EMERGENCIA				
Chasis	188,8	2,7	0,26	No Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Punto de inspección	23,93	2	1,50	No Aceptable
Malla de encerramiento	999999	2	0,00	No conectado

Fuente: Los autores

3.14.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 52 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ciencias Humanas.

Instalación: Ciencias Humanas

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	3,2	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

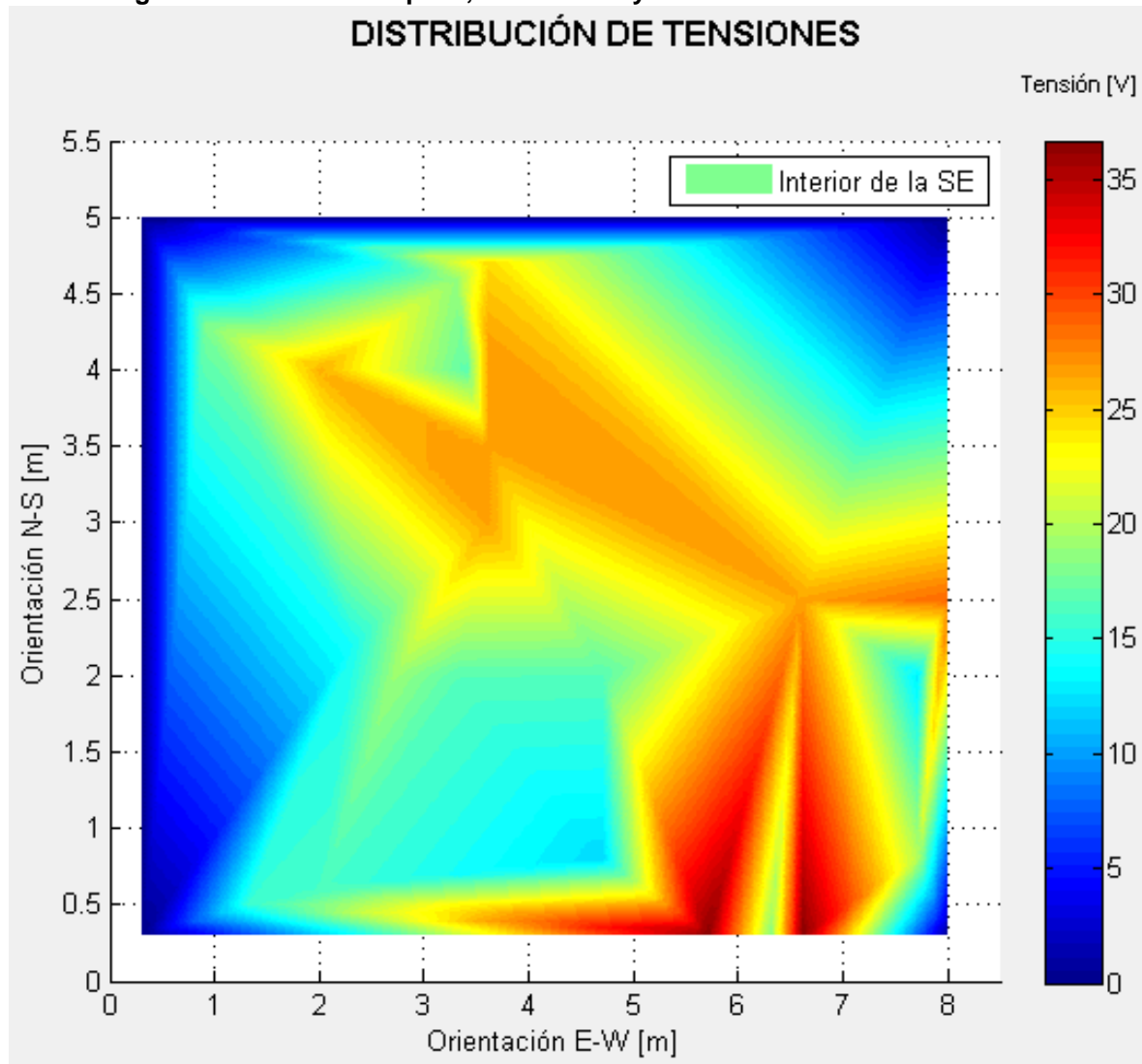
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	13,40	121,20	122,10	120,91	12,90	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	14,50	187,10	189,90	187,95	20,05	Aceptable
3	Cuarto de armarios de la subestación (3)	C	Up	12,30	156,20	155,40	155,31	16,57	Aceptable
4	Cuarto de armarios de la subestación (4)	C	Up	4,30	113,50	114,90	114,12	12,17	Aceptable
5	Cuarto de armarios de la subestación (5)	C	Up	15,40	178,80	180,50	178,99	19,09	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
6	Cuarto de armarios de la subestación (6)	C	Up	13,20	167,60	170,50	168,54	17,98	Aceptable
7	Cuarto de armarios de la subestación (7)	C	Up	11,20	145,80	145,90	145,42	15,51	Aceptable
8	Chasis de la planta	C	Uc	23,10	135,60	135,70	133,67	14,26	Aceptable
9	Puerta del Tablero de medida	C	Uc	35,60	246,70	246,80	244,17	26,04	Aceptable
10	Puerta del Tablero del aire	C	Uc	45,60	253,20	253,10	249,01	26,56	Aceptable
11	Puerta izquierda del Tablero General	C	Uc	45,60	253,20	253,10	249,01	26,56	Aceptable
12	Puerta derecha del Tablero General	C	Uc	45,60	253,20	253,10	249,01	26,56	Aceptable
13	Puerta del Tablero condensadores corrector F.P	C	Uc	24,30	231,20	230,10	229,37	24,47	Aceptable
14	Puerta del Cuarto de acceso al Transformador	C	Uc	45,60	253,20	253,10	249,01	26,56	Aceptable
15	Puerta del Cuarto de acceso a las celdas de seccionamiento	C	Uc	55,60	276,20	273,60	269,22	28,72	Aceptable
16	Puerta derecha de Acceso a la subestación	C	Uc	34,20	345,60	345,70	343,95	36,69	Aceptable
17	Puerta izquierda de Acceso a la subestación	C	Uc	34,20	345,60	345,70	343,95	36,69	Aceptable
18	Puerta izquierda- derecha de Acceso a la subestación	C	Ud	45,60	178,90	178,60	172,84	18,44	Aceptable
19	Puerta Tablero aire-Puerta izquierda Tablero General	C	Ud	56,30	167,50	164,70	156,27	16,67	Aceptable
20	Puerta izquierda-derecha Tablero General	C	Ud	56,30	166,50	167,40	157,17	16,76	Aceptable
21	Puerta izquierda Tablero General- Puerta Banco condensadores	C	Ud	68,70	189,30	189,40	176,45	18,82	Aceptable
22	Chasis de la planta- Reja del cuarto de la subestación	C	Ud	32,00	154,60	154,30	151,10	16,12	Aceptable

Fuente: Los autores




En la Figura 70 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.




Figura 70 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Ciencias Humanas.











Fuente: Los autores

3.14.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Conexión equipotencial no existente	Puerta acceso subestación eléctrica	RETIE 15.2 a	05/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
2	Conexión equipotencial no existente	Damper cuarto transformador	RETIE 15.2 a	05/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
3	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador	RETIE 15.2 a	05/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión equipotencial no existente	Rejilla superior cuarto transformador	RETIE 15.2 a	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		
5	Barraje no aislado	Barraje de tierra tablero totalizadores	RETIE 15.3.3 e	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		
6	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero totalizadores sección izquierda	RETIE 15.2 a	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero totalizadores sección derecha	RETIE 15.2 a	05/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>
8	Barraje no aislado	Barraje neutro tablero totalizadores	RETIE 15.3.3 e	05/09/2011
				<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>
9	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero general sección izquierda	RETIE 15.2 a	05/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Puente equipotencial no existente	Puerta tablero general sección derecha	RETIE 15.2 a	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se evidencia ningún conductor adecuado que sirva de puente para conectar la puerta con el chasis del gabinete.</p>		
11	Barraje no aislado	Barraje de tierra tablero general	RETIE 15.3.3 e	05/09/2011
		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		

3.14.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Equipotencializar puerta en malla de acceso a la subestación mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
2	Equipotencializar dámper inferior mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
3	Equipotencializar puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
4	Equipotencializar rejilla superior del cuarto del transformador mediante conductor adecuado.	\$ 26.650	19
5	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
6	Equipotencializar puerta izquierda del gabinete donde se encuentran los totalizadores mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
7	Equipotencializar puerta derecha del gabinete donde se encuentran los totalizadores mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
8	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
9	Equipotencializar sección izquierda de la puerta del tablero general mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
10	Equipotencializar sección derecha de la puerta del tablero general mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
11	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
12	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8 THHN.	\$ 893.900	29
TOTAL		\$ 1'473.100	

3.15 COLISEO

Subestación eléctrica ubicada en el costado oriental del edificio, colindando con paso peatonal y un lugar de estacionamiento, dividida en dos cuartos (tablero y transformador). Se puede ingresar de manera externa a la edificación por una puerta metálica abatible y accesible por el paso peatonal. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo interior ya que hace uso de un área cerrada para confinar sus equipos.

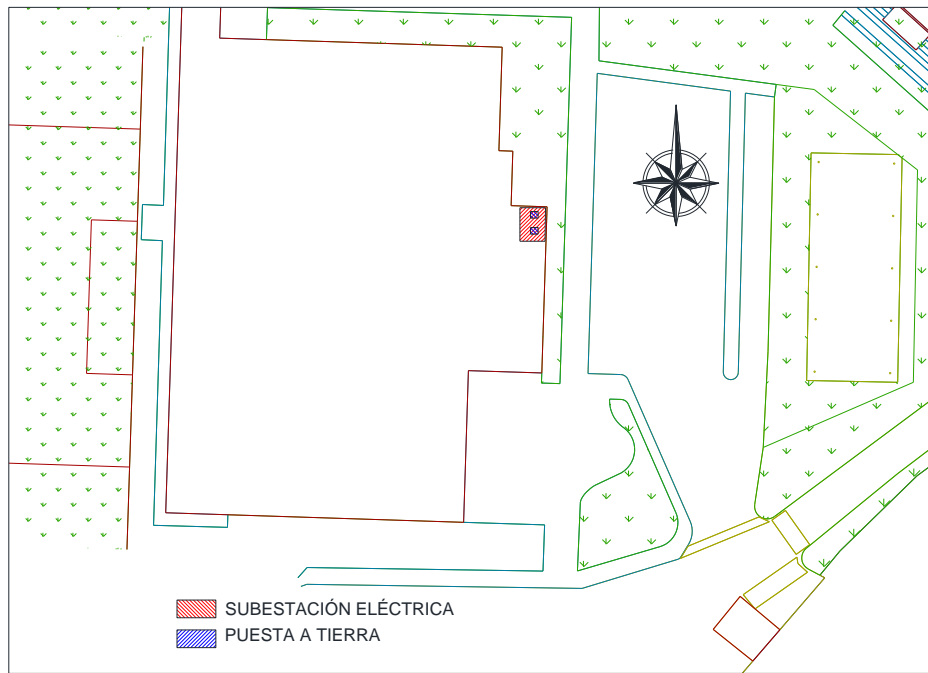
En el cuarto de los tableros con un área de $9,8 \text{ m}^2$ se encuentra el tablero general y los equipos de medida así como celdas de seccionamiento en aceite 15.5 KV que interconecta esta subestación con la estructura de distribución de donde toma la alimentación en media tensión, además de una caja de inspección de la puesta a tierra del sistema, otros puntos de atención para el estudio serán los barrajes neutro y de tierra, las puertas de acceso a los tableros, ventanas y armarios.

En el segundo de los cuartos encontramos el transformador trifásico de 400 KVA marca MAGNETRON de $13200\text{V}/(214-123)\text{V} \pm 2*2.5\%$, sobre un área de $10,5\text{m}^2$, allí se hará énfasis en la puerta cortafuego, cuba del transformador, cable XLPE, bandeja porta cables, dámperes cortafuegos y estructuras de soporte, además de una caja de inspección de la puesta a tierra del sistema.

El edificio consta de un sistema de apantallamiento conformado por 4 puntas captadoras cada una asociada con su bajante que se ubican por los costados del edificio, además consta de un anillo que interconecta dicho sistema.

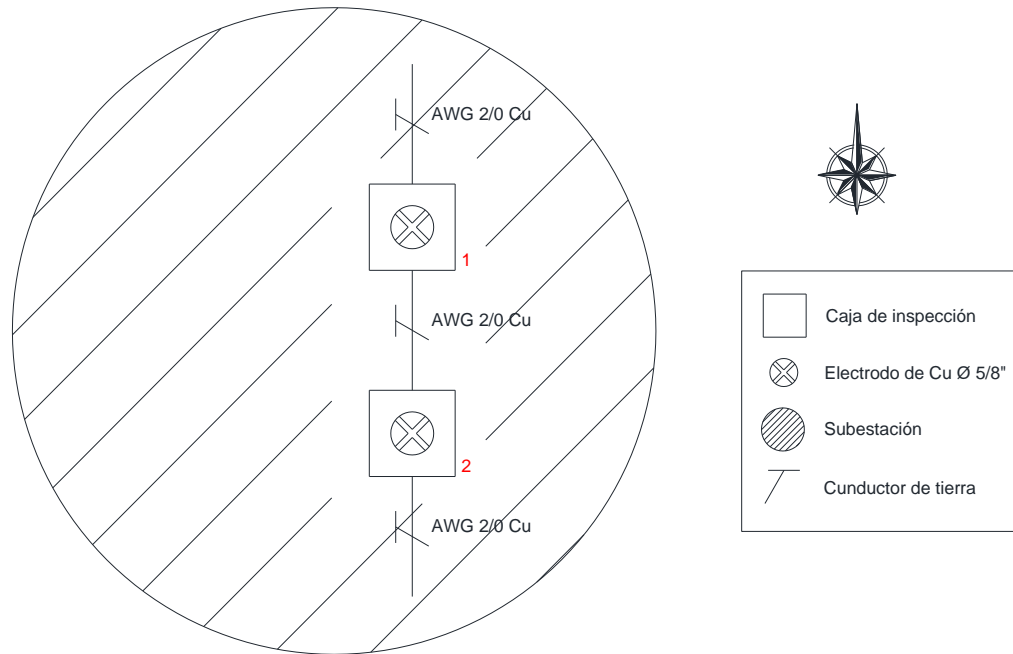
3.15.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 71 Ubicación subestación y puesta a tierra Coliseo



Fuente: Los autores

Figura 72 Detalle puesta a tierra Coliseo



3.15.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 53 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación S - N) Coliseo.

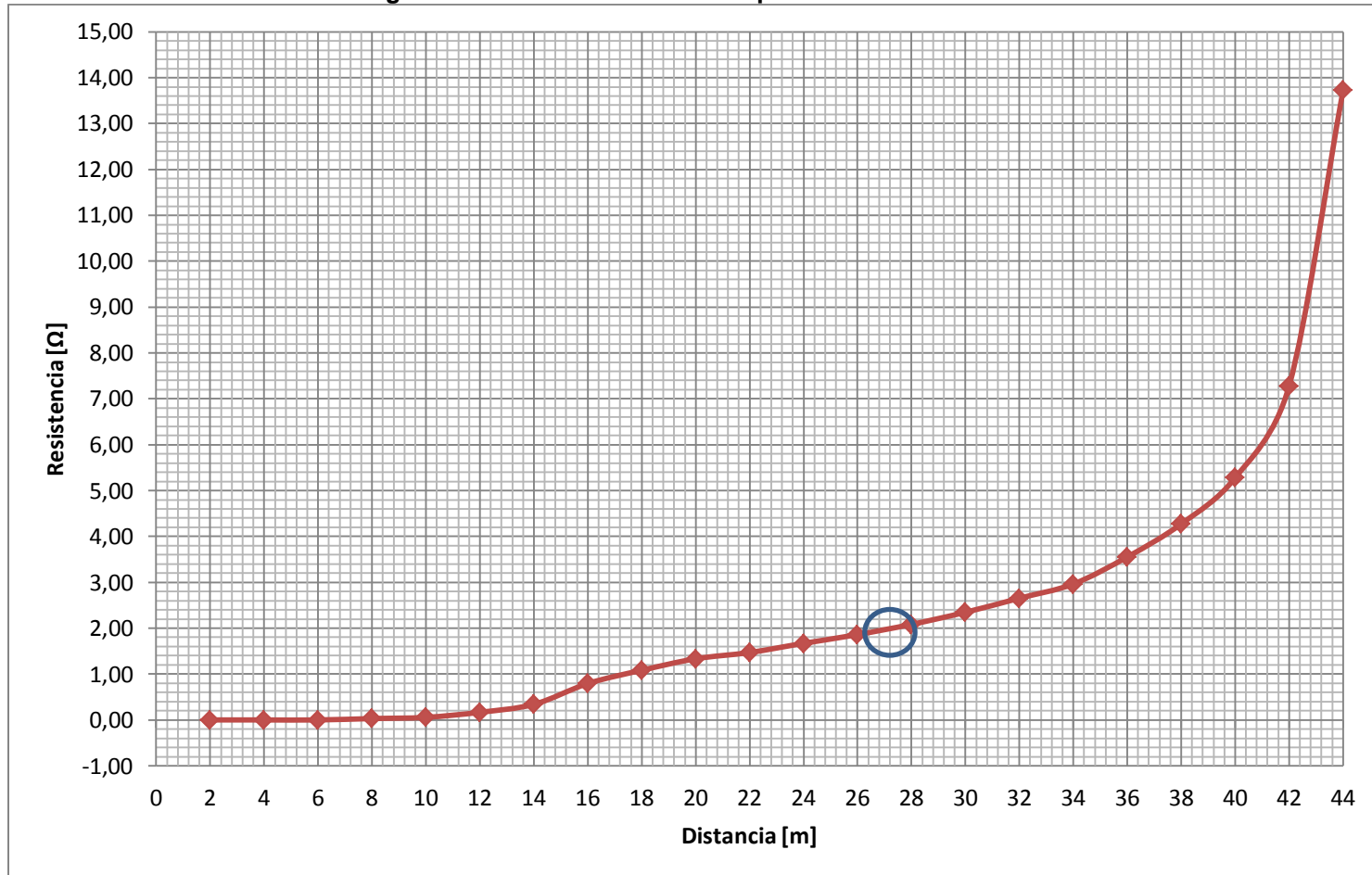
Instalación: Coliseo
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Septiembre 30 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Sur - Norte)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0	0	0	0,00
4	0	0	0	0,00
6	0	0	0	0,00
8	0,03	0,03	0,03	0,03
10	0,06	0,05	0,06	0,06
12	0,24	0,13	0,13	0,17
14	0,46	0,3	0,26	0,34
16	0,8	0,79	0,79	0,79
18	1,11	1,12	1,02	1,08
20	1,34	1,33	1,33	1,33
22	1,46	1,48	1,47	1,47
24	1,66	1,68	1,67	1,67
26	1,84	1,86	1,88	1,86
28	2,08	2,09	2,08	2,08
30	2,35	2,35	2,34	2,35
32	2,64	2,65	2,67	2,65
34	2,96	2,98	2,95	2,96
36	3,57	3,55	3,54	3,55
38	4,27	4,27	4,28	4,27
40	5,32	5,26	5,26	5,28
42	7,32	7,26	7,26	7,28
44	13,72	13,72	13,74	13,73

Fuente: Los autores

Figura 73 Perfil de resistencia de puesta a tierra Coliseo.



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 2,02 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítuló 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.15.3 Medidas de continuidad

Tabla 54 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. Coliseo.

Instalación: Coliseo
 Ciudad: Bucaramanga
 Fecha: Noviembre 15 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B
 L: longitud estimada entre los puntos A-B
 A: Área o sección calculada del conductor A-B
 999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	2,9	kA
Sección Mínima del Conductor	7,335	mm ²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida) (mΩ)	(Estimada) (m)	(Calculada) (mm ²)	
ÁREA TRANSFORMADOR				
TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
Capsula	18,3	5	4,92	No Aceptable
Cable XLPE				No medido
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta cortafuegos (sección derecha)	999999	2,4	0,00	No conectado
Puerta cortafuegos (sección izquierda)	999999	4,5	0,00	No conectado
Damper cortafuego superior	999999	3,7	0,00	No conectado
Damper cortafuego inferior	999999	2,7	0,00	No conectado
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
ÁREA ARMARIOS				
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN				
Chasis				
Puerta alimentación red inalámbrica	12,2	3	4,43	No Aceptable
Puerta contador	13,4	3,2	4,30	No Aceptable
Puerta totalizador	12	3,1	4,65	No Aceptable
Puerta derecha tablero distribución	33,1	2,1	1,14	No Aceptable
Puerta izquierda tablero distribución	17,8	1,1	1,11	No Aceptable
Barraje de neutro	5,2	1,5	5,19	No Aceptable
Barraje de tierra	22,41	1,5	1,20	No Aceptable
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 2	4,3	3	12,56	Aceptable
OTRAS PARTES METÁLICAS				
Puerta (sección derecha)	999999	0,2	0,00	No conectado
Puerta (sección izquierda)	999999	1,1	0,00	No conectado

Fuente: Los autores

3.15.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 55 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Coliseo.

Instalación: Coliseo

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012



V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	2,9	KA
Intensidad de la inyección	30	A

Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Valores máximos admisibles [V]		
		Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

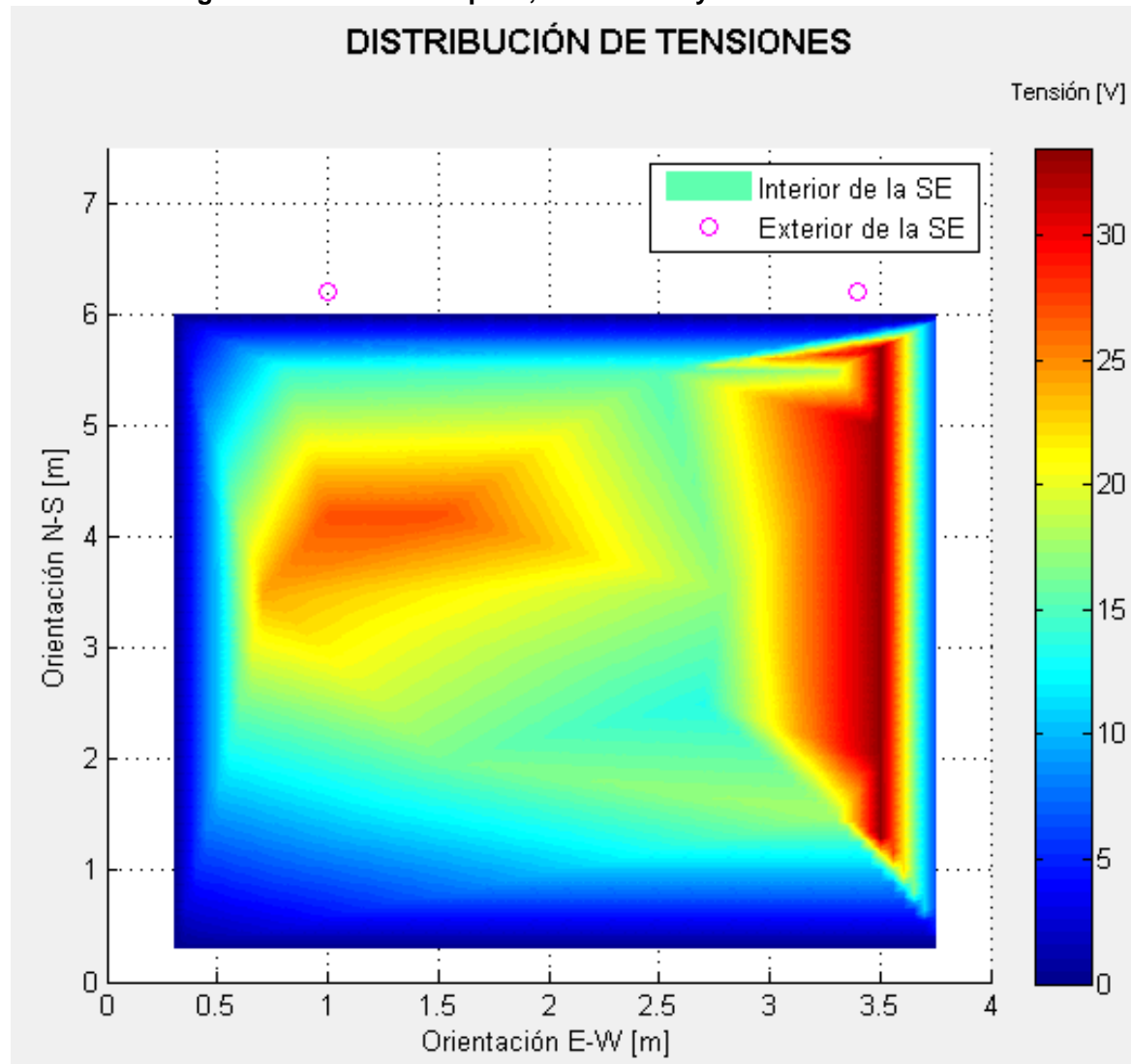
VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Cuarto de armarios de la subestación (1)	C	Up	12,30	156,10	154,50	154,81	14,97	Aceptable
2	Cuarto de armarios de la subestación (2)	C	Up	11,00	145,40	146,80	145,69	14,08	Aceptable
3	Cuarto del Transformador (1)	C	Up	11,50	139,80	139,70	139,28	13,46	Aceptable
4	Cuarto del Transformador (2)	C	Up	13,40	167,80	168,90	167,82	16,22	Aceptable

Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Zona Externa a la subestación (1)	C	Up	17,80	212,50	213,40	212,21	20,51	Aceptable
6	Zona Externa a la subestación (2)	C	Up	18,50	223,50	225,40	223,69	21,62	Aceptable
7	Puerta derecha Acceso al cuarto Transformador	C	Uc	123,40	365,40	365,60	344,04	33,26	Aceptable
8	Puerta Izquierda Acceso al cuarto Transformador	C	Uc	123,40	365,40	366,60	344,57	33,31	Aceptable
9	Puerta derecha Acceso al cuarto de Tableros	C	Uc	125,60	367,80	367,90	345,74	33,42	Aceptable
10	Puerta izquierda Acceso al cuarto de Tableros	C	Uc	125,60	367,80	369,70	346,70	33,51	Aceptable
11	Chasis Tablero de medida	C	Uc	145,00	315,50	315,60	280,26	27,09	Aceptable
12	Puerta Tablero de medida	C	Uc	145,00	315,50	315,60	280,26	27,09	Aceptable
13	Damper superior cuarto del transformador	C	Uc	32,30	175,10	187,60	178,56	17,26	Aceptable
14	Damper inferior cuarto del transformador	C	Uc	143,00	287,50	286,70	248,95	24,07	Aceptable
15	Capsula del Transformador	C	Uc	12,80	167,80	168,90	167,86	16,23	Aceptable
16	Puerta derecha-izquierda Acceso transformador	C	Ud	35,60	187,80	187,90	184,45	17,83	Aceptable
17	Puerta derecha-izquierda Acceso transformador	C	Ud	35,10	187,80	187,90	184,54	17,84	Aceptable

Fuente: Los autores

En la Figura 74 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.

Figura 74 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales Coliseo.





Fuente: Los autores

3.15.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 1	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>	
2	Conexión inadecuada	Caja de inspección No 2	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>	
3	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador sección izquierda	RETIE 15.2.a	09/09/2011
			<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>	

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
4	Conexión equipotencial no existente	Puerta cortafuego transformador sección derecha	RETIE 15.2.a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
5	Conexión equipotencial no existente	Damper superior cuarto de transformadores	RETIE 15.2.a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>
6	Conexión equipotencial no existente	Damper inferior cuarto de transformadores	RETIE 15.2.a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>

No.	Anomalia	Ubicación	Artículo	Fecha
7	Conexión inadecuada	Barraje neutro tablero general	RETIE 15.3.3 c	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: Una conexión mal hecha aumenta el valor de resistencia por lo que es más difícil dirigir a tierra las corrientes en caso de una falla.</p>		
8	Barraje no aislado	Barraje de tierra tablero general	RETIE 15.3.3 e	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		
9	Conexión equipotencial no existente	Puerta de acceso cuarto de tableros sección izquierda	RETIE 15.2.a	09/09/2011
		<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>		

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
10	Conexión equipotencial no existente	Puerta de acceso cuarto de tableros sección derecha	RETIE 15.2.a	09/09/2011
				<p>Diagnóstico: No se observa conductor adecuado que conecte esta estructura metálica con el barraje equipotencial del sistema de puesta a tierra.</p>

3.15.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Equipotencializar sección izquierda de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
4	Equipotencializar sección izquierda de la puerta de acceso al cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
5	Equipotencializar dámper superior del cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
6	Equipotencializar dámper inferior del cuarto del transformador mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
7	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar unión por conector certificado	\$ 29.400	15
8	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
9	Equipotencializar sección izquierda de la puerta de acceso al cuarto de armarios mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
10	Equipotencializar sección derecha de la puerta de acceso al cuarto de armarios mediante conductor #8 THHN.	\$ 26.650	19
11	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8 THHN.	\$ 901.800	30
TOTAL		\$ 1'380.300	

3.16 CENIVAM

Subestación eléctrica localizada en la periferia del edificio, se puede ingresar a ella de manera externa a la edificación por un sendero accesible a través de la zona verde de la zona. Según su emplazamiento se caracteriza como subestación tipo intemperie ya que expone sus equipos a las afueras de la construcción.

En una superficie de 25 m² se encuentra un armario, equipos de medida, planta eléctrica y del transformador en una estructura de soporte en H, el transformador trifásico de potencia de 150 KVA marca RYMEL de 13200V/(214-124)V $\pm 2 \cdot 2.5\%$, la alimentación en media tensión proviene de un circuito de la electrificadora, consta de una caja cortacircuitos para maniobras de cierre y seccionamiento, la planta eléctrica es marca CUMMINS potencia trifásica 170 KVA/136 KW tensión 127/220 V en un área encapsulada, además de un foso de inspección para la puesta a tierra, otros elementos metálicos para el análisis serán el chasis de la planta, barrajes de neutro y tierra, conductores bajantes, cuba del transformador, chasis del armario, puerta de acceso al tablero.

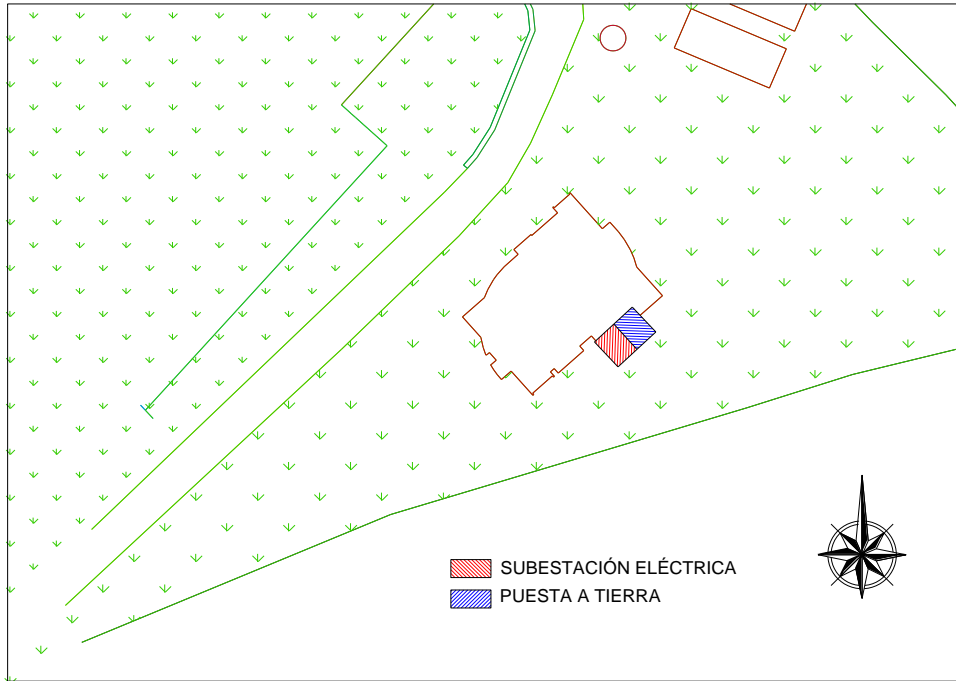
En el seguimiento visual que se realizó no se contemplaron puntas captadoras que formen parte del sistema de apantallamiento de la edificación.

Inspeccionado la periferia de la subestación lugar donde se encuentra la puesta a tierra, se observa la alta concentración de escombros y basuras, la falta de poda de la hierba y el muy mal estado de las cajas de inspección sin el mantenimiento y la demarcación necesaria.

La puesta a tierra se conforma de un foso de inspección con electrodo de varilla copperweld de cobre de 5/8" que se acopla mediante conexión exotérmica con los restantes conductores de cobre # 2/0.

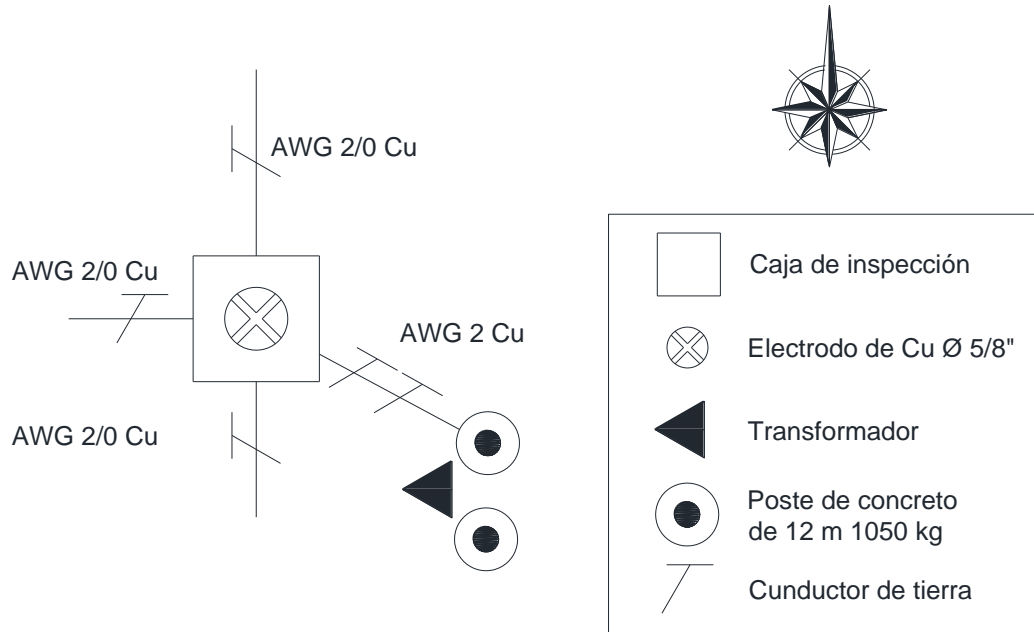
3.16.1 Subestación y puesta a tierra

Figura 75 Ubicación subestación y puesta a tierra CENIVAM



Fuente: Los autores

Figura 76 Detalle puesta a tierra CENIVAM



Fuente: Los autores

3.16.2 Medida de resistencia de puesta a tierra

Tabla 56 Datos de resistencia de puesta a tierra (Orientación NO - SW) CENIVAM.

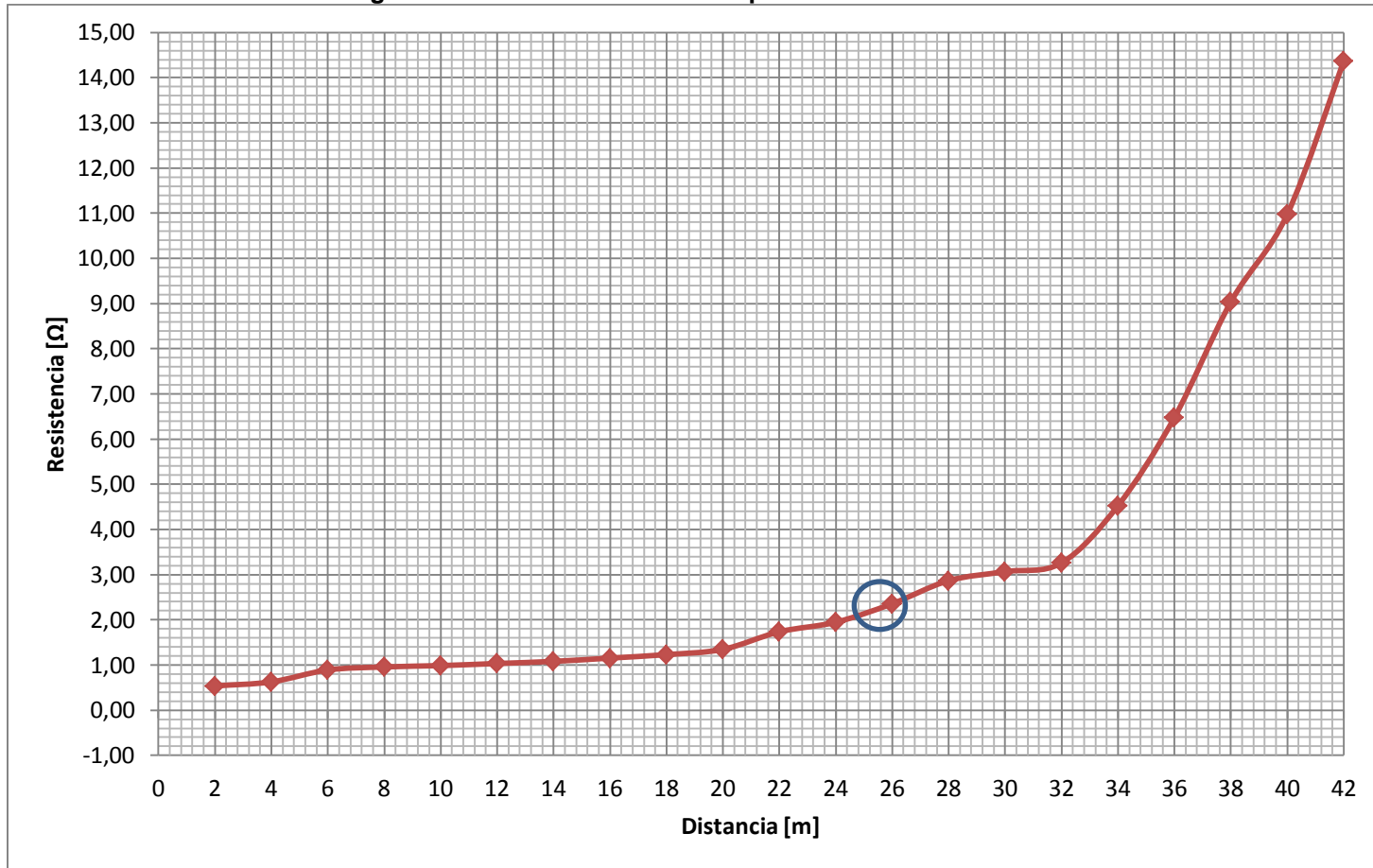
Instalación: CENIVAM
Ciudad: Bucaramanga
Fecha: Octubre 11 de 2011



Esta medición se realizó en un solo sentido debido a la ubicación				
Sentido de la medida: (Noroeste - Suroccidente)				
Distancia	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Resistencia promedio
[m]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
2	0,54	0,53	0,54	0,54
4	0,6	0,64	0,64	0,63
6	0,9	0,89	0,88	0,89
8	0,96	0,96	0,95	0,96
10	1	0,99	0,97	0,99
12	1,04	1,02	1,04	1,03
14	1,08	1,08	1,08	1,08
16	1,15	1,15	1,16	1,15
18	1,21	1,24	1,24	1,23
20	1,35	1,34	1,35	1,35
22	1,733	1,74	1,733	1,74
24	1,95	1,94	1,95	1,95
26	2,36	2,35	2,36	2,36
28	2,86	2,86	2,88	2,87
30	3,08	3,06	3,06	3,07
32	3,26	3,26	3,26	3,26
34	4,55	4,51	4,52	4,53
36	6,48	6,48	6,47	6,48
38	9,07	9,03	9,01	9,04
40	10,99	10,97	10,97	10,98
42	14,36	14,38	14,37	14,37

Fuente: Los autores

Figura 77 Perfil de resistencia de puesta a tierra CENIVAM



Fuente: Los autores

El valor de resistencia tomado de la curva en el 61,8 % de su valor es 2,35 Ω . De lo anterior se puede concluir que el valor de resistencia cumple con lo contemplado en la tabla 25 capítuló 15 (RETIE), para subestaciones de media tensión.

3.16.3 Medidas de continuidad

Tabla 57 Resultados de equipotencialidad del S.P.T. CENIVAM.

Instalación: Edificio CENIVAM

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Octubre 4 de 2011



R: Resistencia medida entre dos puntos A-B

L: longitud estimada entre los puntos A-B

A: Área o sección calculada del conductor A-B

999999: No conectado a la referencia del S.P.T

Tiempo de Disparo de la Protección	0,5	s
Intensidad Corriente de Falla a Tierra	2,8	kA
Sección Mínima del Conductor	7,082	mm²

PUNTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	R	L	A	Resultado
	(Medida)	(Estimada)	(Calculada)	
	(mΩ)	(m)	(mm ²)	
ÁREA ARMARIOS				
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN				
Puerta armario	14,9	2,1	2,54	No Aceptable
Barraje	11,9	2,25	3,40	No Aceptable
Barraje de neutro	6,4	2,25	6,33	No Aceptable
Chasis	9,4	2,1	4,02	No Aceptable
Barraje de neutro auxiliar	19,5	2,5	2,31	No Aceptable
Barraje de tierra auxiliar	999999,00	2,5	0,00	No conectado
REGISTRO DEL S.P.T.				
Registro N° 1	Referencia	Referencia	Referencia	Referencia
ÁREA PLANTA DE EMERGENCIA				
PLANTA ELÉCTRICA				
Chasis	25,00	1,7	1,22	No Aceptable
Puerta planta	0,88	2,2	44,85	Aceptable

Fuente: Los autores

3.16.4 Medidas de tensiones de paso, de contacto y diferencial

Tabla 58 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENIVAM.



Instalación: CENIVAM

Ciudad: Bucaramanga

Fecha: Enero 18 de 2012

V0: Valor de la medida sin inyección

V1/V2: valor de la resistencia a 0 y 180

V: Valor calculado resultante de la medida

Vmax: Valor de la medida extrapolando la intensidad de falla

Up/Uc/Ud: Tensiones de paso, contacto y diferencia de potencial

Tiempo de disparo de la protección	0,5	s
Intensidad de la corriente de falla	2,8	KA
Intensidad de la inyección	30	A

		Valores máximos admisibles [V]		
Tipo de Suelo	Resistividades [$\Omega \cdot m$]	Up	Uc	Ud
C= Concreto	2500	2638,92	765,09	164,05
G= Gravilla	2766,33	2902,58	829,12	164,05
B=Baldosa	1275	1426,23	470,58	164,05
T= Tierra	1282,28	1433,44	472,33	164,05

VALORES OBTENIDOS									
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
1	Puerta derecha Tablero general	T	Uc	10,00	332,10	334,80	333,30	31,11	Aceptable
2	Puerta izquierda Tablero general	T	Uc	10,00	232,10	235,40	233,54	21,80	Aceptable
3	Chasis Planta de emergencia	T	Uc	14,50	267,10	268,90	267,61	24,98	Aceptable
4	Puerta derecha Planta General	T	Uc	1,00	230,10	240,50	235,36	21,97	Aceptable

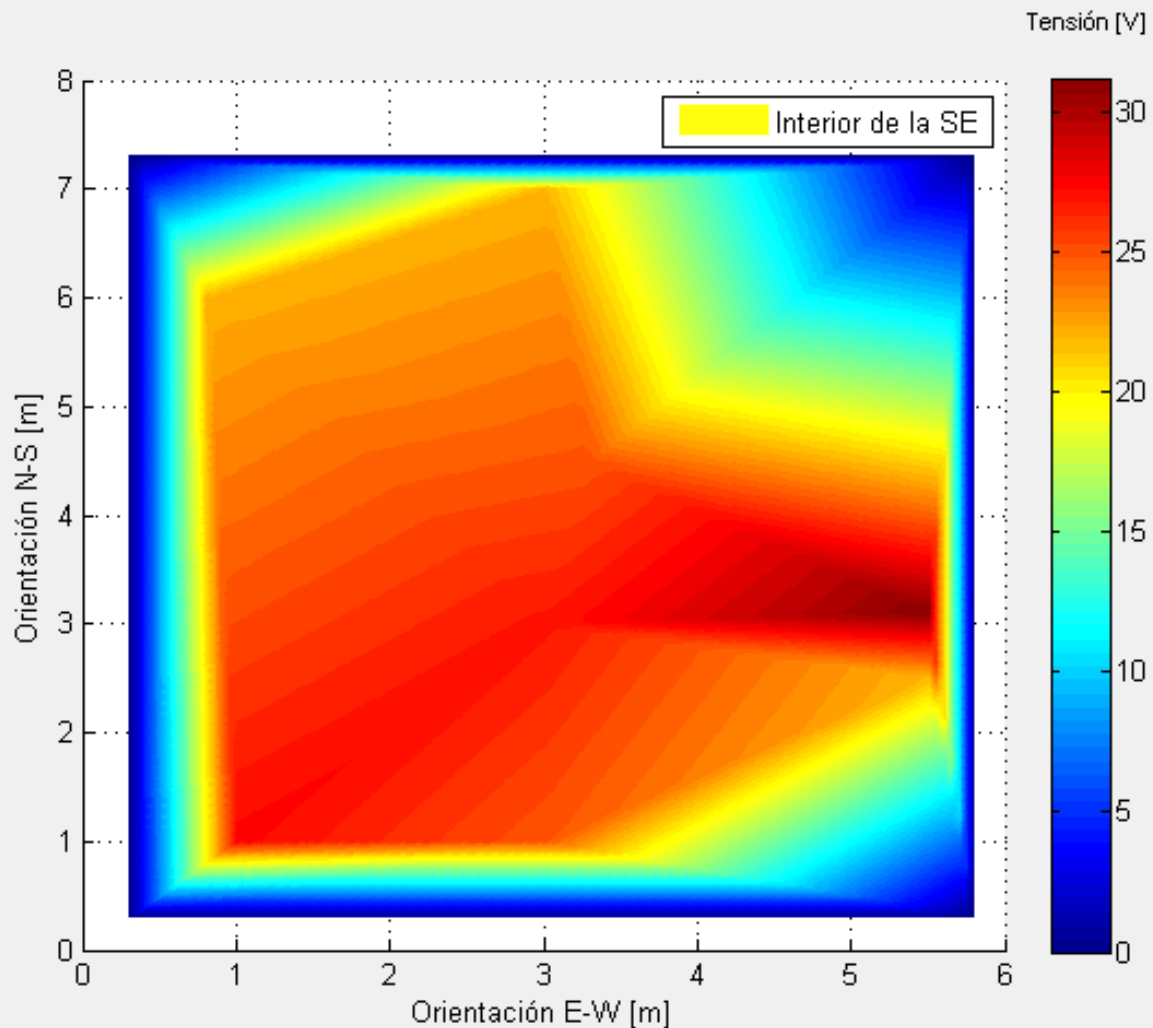
Punto	Lugar de medida	Suelo	Up Uc Ud	V0 (mV)	V1 (mV)	V2 (mV)	V (mV)	Vmax (V)	Resultado
5	Puerta izquierda Planta General	T	Uc	1,00	230,40	240,50	235,50	21,98	Aceptable
6	Zona externa subestación (1)	T	Ud	21,60	289,00	289,00	288,19	26,90	Aceptable
7	Zona externa subestación (2)	T	Ud	22,30	291,20	297,80	293,67	27,41	Aceptable
8	Zona externa subestación (3)	T	Ud	19,70	268,10	266,80	266,72	24,89	Aceptable

Fuente: Los autores

En la Figura 78 se muestra el comportamiento de las tensiones en el área evaluada.

Figura 78 Tensiones de paso, de contacto y diferenciales CENIVAM.

DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES



Fuente: Los autores

3.16.5 Reporte de no conformidades del S.P.T.

No.	Anomalía	Ubicación	Artículo	Fecha
1	Conexión inadecuada	Fosa de inspección.	RETIE 15.3.3 c	12/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
2	Conexión inadecuada	Estructura de soporte transformador	RETIE 15.3.3 c	12/09/2011
 		<p>Diagnóstico: La conexión exotérmica se encuentra en mal estado lo que no garantiza una unión mecánica ni eléctricamente segura.</p>		
3	Barraje no aislado	Barraje de tierra tablero general	RETIE 15.3.3 e	12/09/2011
  		<p>Diagnóstico: Los barrajes deben estar separados de las estructuras metálicas mediante elementos aisladores.</p>		

3.16.6 Recomendaciones y presupuesto			
Anomalia No.	Recomendación	Presupuesto	Ver Anexo
1	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
2	Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura	\$ 98.600	3
3	Instalar aisladores entre el barraje equipotencial y el chasis del armario.	\$ 92.000	5
4	Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad (longitud del conductor de acuerdo a las tablas referidas), por conductor #8 THHN.	\$ 835.900	31
TOTAL		\$ 1'125.100	

4 PRESUPUESTO GENERAL

Subestación	Costos materiales y mano de obra	Costo Diagnostico	Costo Herramientas y equipos utilizados en la ejecución del proyecto	A.I.U 15%	Total
Ingeniería eléctrica	\$ 11.007.400	\$ 2.201.500	\$ 3.302.250	\$ 1.651.150	\$ 18.162.250
Ingeniería Civil	\$ 9.834.500	\$ 1.966.900	\$ 2.950.350	\$ 1.475.200	\$ 16.226.950
Ingeniería Química	\$ 3.432.700	\$ 686.550	\$ 1.029.850	\$ 514.950	\$ 5.664.000
Jorge Bautista Vesga	\$ 3.401.100	\$ 680.250	\$ 1.020.350	\$ 510.200	\$ 5.611.850
Planta de Aceros	\$ 3.142.200	\$ 628.450	\$ 942.700	\$ 471.350	\$ 5.184.650
Camilo Torres	\$ 2.633.600	\$ 526.750	\$ 790.100	\$ 395.050	\$ 4.345.450
Ingeniería Mecánica	\$ 3.101.200	\$ 620.250	\$ 930.400	\$ 465.200	\$ 5.117.000
Luis A. Calvo	\$ 1.041.400	\$ 208.300	\$ 312.450	\$ 156.250	\$ 1.718.350
Biblioteca	\$ 4.944.400	\$ 988.900	\$ 1.483.350	\$ 741.700	\$ 8.158.300
CENTIC	\$ 2.976.300	\$ 595.300	\$ 892.900	\$ 446.450	\$ 4.910.900
Administración I	\$ 6.960.400	\$ 1.392.100	\$ 2.088.150	\$ 1.044.100	\$ 11.484.700
Administración II	\$ 2.710.200	\$ 542.050	\$ 813.100	\$ 406.550	\$ 4.471.850
Lab. de caracterización	\$ 1.186.400	\$ 237.300	\$ 355.950	\$ 178.000	\$ 1.957.600
Ciencias Humanas	\$ 1.473.100	\$ 294.650	\$ 441.950	\$ 221.000	\$ 2.430.650
Coliseo	\$ 1.380.300	\$ 276.100	\$ 414.100	\$ 207.050	\$ 2.277.500
CENIVAM	\$ 1.125.100	\$ 225.050	\$ 337.550	\$ 168.800	\$ 1.856.500
				Total	\$ 99.578.500

5 OBSERVACIONES Y CONCLUSION FINAL

5.1 OBSERVACIONES

- Realizando la inspección visual junto con la medida de equipotencialidad o continuidad en los diferentes sistemas de puesta a tierra de las subestaciones del campus central, se determinó que dentro de cada una de ellas hay diversas estructuras metálicas que no se encuentran conectadas a dicho sistema o presentan un valor de resistencia más alto del permitido.
- Teniendo en cuenta los criterios establecidos en la norma IEEE 80, como base de comparación con los datos obtenidos en las mediciones realizadas de las tensiones de paso, contacto y diferencial, se aprecia que estas magnitudes están limitadas a un valor seguro y por lo tanto desde este punto de vista, las subestaciones no representa un riesgo para el acceso de personal o circulación de seres humanos o animales alrededor de ellas, bajo condiciones normales y de falla.
- Con el transcurso del tiempo la mayoría de sistemas de puesta a tierra se han ido deteriorando por efecto de la corrosión, principalmente los elementos que se encuentran al nivel del suelo, lo que genera dificultad en la conexión para realizar medidas y un posible aumento en el valor de la resistencia de puesta a tierra, sin embargo este valor en cada una de las subestaciones está cumpliendo con la reglamentación vigente RETIE
- En lo referente a la parte física, las cajas de inspección de los diferentes sistemas de puesta a tierra del campus universitario representan un riesgo inminente a estudiantes, profesores, trabajadores y demás seres vivos que transitan por estos lugares, debido a que muchas se encuentran totalmente expuestas y otras con tapas en gran estado de deterioro.

5.2 CONCLUSIÓN FINAL

Durante el recorrido por los sistemas de puesta a tierra de las subestaciones y evaluando el estado en que se encuentran a fin de contrastar con las exigencias que contempla el reglamento (RETIE), se observa que el objetivo de la universidad solo se ha fundamentado en la prestación del servicio de energía eléctrica para suplir sus necesidades, dejando de lado dichos sistemas sin presentar planes a corto plazo que contemplen su mantenimiento, validación de parámetros y posibles cambios en sus aspectos constructivos.

Como resultado de este estudio se proponen las adecuaciones y/o mejoras previstas, además, debido a que las tensiones transferidas se encuentran controladas es claro que la puesta a tierra esta cumpliendo con su labor, motivo suficiente para no realizar un rediseño, sin embargo, debido al gran estado de deterioro se recomienda a la división de planta física de la Universidad contemplar la actualización de estos sistemas o cambio de ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CASAS OSPINA, Favio. TIERRAS Soporte de la seguridad eléctrica. 3ª ed. Bogotá: ICONTEC, 2005. 234 p.
- [2] OSPINA MORENO, Germán. VALENCIA VELÁSQUEZ, Jaime Alejandro. CÁRDENAS AGUDELO, Carlos Alberto. VILLA ACEVEDO, Walter Mauricio. Fundamentos e ingeniería de las puestas a tierra. Respuestas ante fallas eléctricas y rayos. Medellín: Ciencia y tecnología Editorial Universidad de Antioquia, 2007. 192 p.
- [3] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Código eléctrico colombiano. Bogotá: ICONTEC, 1998. 859 p. NTC 2050.
- [4] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos): principios generales. Bogotá: ICONTEC, 2008. 71 p. NTC 4552-1.
- [5] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos): manejo del riesgo. Bogotá: ICONTEC, 2008. 57 p. NTC 4552-2.
- [6] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos): daños físicos a estructuras y amenazas a la vida. Bogotá: ICONTEC, 2008. 137 p. NTC 4552-3.
- [7] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas: actualización 2009. Bogotá, 2009. 212 p.
- [8] DELGADILLO LOPEZ, Gonzalo. LLANEZA M., Alejandro. Título original: Standard for Electrical Safety in the Workplace, Título en español: Norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo. Oberon. 2004. 146 p.
- [9] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Guide for Safety in AC Substation Grounding. United States of America: IEEE, 2000. 192 p. IEEE 80-2000.
- [10] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System. United States of America: IEEE, 1983. 93 p. IEEE 81-1983.

- [11] <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe01.html>
- [12] http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos_02_03/Proteccion_contra_descargas_atmosfericas/12/12.htm
- [13] <http://dc398.4shared.com/doc/pLmHb5xg/preview.html>
- [14] <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040007/lecciones/cap11-2.htm>
- [15] <http://es.scribd.com/doc/20432718/Sistemas-de-Puesta-a-Tierra>
- [16] <http://es.scribd.com/doc/49749626/57/COMPONENTES-DE-UN-SISTEMA-DE-PUESTA-A-TIERRA>
- [17] http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tierra_resistencia.htm
- [18] <http://es.scribd.com/doc/20432718/Sistemas-de-Puesta-a-Tierra>
- [19] <http://es.scribd.com/doc/49749626/59/CORRIENTES-ESPURIAS>

ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto remoción de escombros.

<i>Actividad :</i> Remover escombros y basuras en la zona en la cual se encuentra ubicada el SPT					
<i>Unidad :</i> GI					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	GI	\$ 5.600	2	\$ 11.000	
Transporte	u	\$ 2.300	2	\$ 5.600	
				Sub-Total	\$ 16.800
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	5	\$ 4.800
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	5	\$ 9.600
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 14400
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 31.200

Anexo 2.Presupuesto instalación de tapas removibles

<i>Actividad :</i> Instalación de tapas removibles					
<i>Unidad :</i> Gl					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	10	\$	600
Transporte	u	\$ 2.300	10	\$	6000
Sub-Total					\$ 6.600,00
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Tapa removible	u	1	\$16.000	\$	16.000
				Valor parcial	\$ 16.000
Sub-Total					\$ 16.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	5	\$ 4.800
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	5	\$ 9.000
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
Sub-Total					\$ 13.800
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 44.000

Anexo 3.Presupuesto cambio de conexión exotérmica.

<i>Actividad :</i> Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar conector por empalme de soldadura					
<i>Unidad :</i> Gl					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	5	\$ 12.000	
Transporte	u	\$ 2.300	5	\$ 12.000	
				Sub-Total	\$ 24.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cambio de conexión del empalme	m	1	\$ 65.000	\$ 65.000	
				Valor parcial	\$ 65.000
				Sub-Total	\$ 65.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	7	\$ 3.400
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	7	\$ 6.250
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 98.600
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 98.600

Anexo 4.Presupuesto cambio de conexión.

<i>Actividad :</i>		Soltar conexión, conectar directamente al barraje de tierra mediante conductor continuo sin interrupciones			
<i>Unidad :</i>		GI			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	GI	\$ 5.600	3	\$ 5.600	
Transporte	u	\$ 2.300	3	\$ 5.600	
				Sub-Total	\$ 12.200
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable Cobre aislado Cu-THHN No 12	u	5	\$ 1.040	\$ 5.200	
Accesorios	GI	1	\$ 3.000	\$ 3.000	
				Valor parcial	\$ 8.200
				Sub-Total	\$ 8.200
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	6	\$4.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	6	\$ 7.300
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 11.300
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 33.700

Anexo 5. Presupuesto instalación de Aisladores portabarras.

<i>Actividad :</i> Instalación de Aisladores portabarras					
<i>Unidad :</i> Gl					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	1	\$ 5.600	
Transporte	u	\$2.300	1	\$ 2.300	
Sub-Total					\$ 9.900
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Aislador Portabarras	u	1	\$ 14.500	\$14.500	
Valor parcial				\$14.500	
Sub-Total					\$ 14.500
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	4	\$ 23.800
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	4	\$ 43.800
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
Sub-Total					\$ 67.600
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 92.000

Anexo 6. Presupuesto equipotencializar.

<i>Actividad :</i>		Equipotencializar puerta mediante conductor adecuado			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	1	\$ 5.600	
Transporte	u	\$ 2.300	1	\$ 2.300	
				Sub-Total	\$ 7.900
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	m	0,2	\$ 3.450	\$ 700	
tornillos	m	2	\$ 500	\$ 1.000	
conectores	m	2	\$ 13.000	\$ 26.000	
				Valor parcial	\$ 27.700
				Sub-Total	\$ 27.700
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	6	\$ 4.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	6	\$ 7.300
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 11.300
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 35.600

Anexo 7.Presupuesto organizar y distribuir conductores.

<i>Actividad :</i> Organizar y distribuir los conductores para permitir fácil acceso a los barrajes					
<i>Unidad :</i> Gl					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	,01	\$ 255.600	
Transporte	u	\$ 2.300	,01	\$ 350.000	
				Sub-Total	\$ 275.600
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre desnudo No 2/0 AWG	u	50	\$ 17.000	\$ 850.000	
Aisladores porta Barras	u	1	\$ 95.000	\$ 95.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	
tornillos	u	200	\$ 500	\$ 100.000	
conectores	u	200	\$ 3.000	\$ 600.000	
				Valor parcial	\$ 2.645.000
				Sub-Total	\$ 3'645.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,05	\$ 714.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,05	\$ 1'312.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 1'351.000
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 6'585.900

Anexo 8.Presupuesto cambiar conductores Ing. Eléctrica

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Ing. Eléctrica				
<i>Unidad :</i>		Gl				
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO						
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial		
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 256.000		
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 230.000		
				Sub-Total	\$ 486.000	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial		
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	u	40	\$ 17.000	\$ 680.000		
tornillos	u	10	\$ 500	\$ 5.000		
conectores	u	10	\$ 13.000	\$ 130.000		
Accesorios	Gl	1	\$ 150.00	\$ 150.000		
Tubería de PVC 1"	m	40	\$ 2.000	\$ 80.000		
Excavación y terminación	Gl	1	\$500.000	\$ 500.000		
				Valor parcial	\$ 1545.000	
				Sub-Total	\$ 1545.000	
III. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial	
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000	
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$ 437.500	
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,1	\$ 238.000	
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,1	\$ 437.500	
				Sub-Total	\$ 1350.500	
					TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 3'381.000

Anexo 9.Presupuesto instalar bajante.

<i>Actividad :</i>		Instalar conductor bajante de la punta captadora y equipotencializar mediante conductor adecuado			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 146.000	
Transporte	U	\$ 2.300	0,1	\$ 150.000	
				Sub-Total	\$ 396.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable Cobre aislado Cu-THHN No 2/0	M	75	\$ 20.390	\$ 1'529.250	
Soldadura	Un	2	\$ 65.000	\$ 130.000	
Accesorios	Gl	2	\$ 50.000	\$ 300.000	
Tubería Galvanizada De 1"	m	75	\$ 6.000	\$ 450.000	
				Valor parcial	\$ 2450.250
				Sub-Total	\$ 2'450.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,2	\$ 119.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,2	\$ 218.750
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,2	\$ 119.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,2	\$ 218.750
				Sub-Total	\$ 674.750
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 3'521.000

Anexo 10.Presupuesto cambiar conductores Ing. Civil

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Ing. Civil			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 156.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 223.000	
Sub-Total					\$ 379.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	m	120	\$ 17.000	\$ 2'040.000	
Cable Cobre aislado Cu-THHN No 2/0	m	20	\$ 20.360	\$ 407.200	
tornillos	u	10	\$ 500	\$ 5.000	
conectores	u	10	\$ 3.000	\$ 30.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 150.000	\$ 150.000	
Tubería de PVC de 1"	m	120	\$240.00	\$ 240.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$500.000	\$500.000	
Valor parcial				\$ 3'377.200	
Sub-Total					\$ 3'377.200
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$ 437.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,1	\$ 238.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$70.000	0,1	\$ 437.500
Sub-Total					\$ 1'350.500
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 5'106.700

Anexo 11. Presupuesto cambiar conductores Ing. Química

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Ing. Química			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 156.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 123.000	
Sub-Total					\$ 279.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	m	47	\$ 17.000	\$ 799.000	
tornillos	u	10	\$ 500	\$ 5.000	
conectores	u	10	\$ 3.000	\$ 30.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1"	m	47	\$114.000	\$ 114.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$300.000	\$300.000	
Valor parcial				\$ 1'299.000	
Sub-Total					\$ 1'299.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$437.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,1	\$ 238.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,1	\$437.500
Sub-Total					\$ 1'350.500
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 2'928.500

Anexo 12. Presupuesto cambiar conductores Jorge B. Vesga.

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Jorge B. Vesga			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	m	29	\$ 17.000	\$ 493.000	
Cable Cobre aislado Cu-THHN No 2/0	m	9	\$ 20.360	\$ 183.250	
tornillos	u	10	\$ 500	\$ 5.000	
conectores	u	10	\$ 3.000	\$ 30.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 70.000	
Tubería de PVC de 1/2"	m	29	\$ 1.000	\$ 30.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 200.000	
				Valor parcial	\$ 992.250
				Sub-Total	\$ 992.250
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$23.800	0,5	\$ 119.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$43.750	0,5	\$ 218.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,5	\$ 119.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,5	\$ 218.500
				Sub-Total	\$ 675.500
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 1'746.750

Anexo 13. Presupuesto cambiar conductores Planta de Aceros

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Planta de Aceros			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	m	20	\$ 17.000	\$ 340.000	
tornillos	u	10	\$ 500	\$ 5.000	
conectores	u	10	\$ 3.000	\$ 30.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1/2"	m	29	\$ 1.000	\$ 30.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 200.000	
				Valor parcial	\$ 705.000
				Sub-Total	\$ 705.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 119.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 218.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,5	\$ 119.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,5	\$ 218.500
				Sub-Total	\$ 675.500
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 1'883.500

Anexo 14.Presupuesto ordenar conexiones.

<i>Actividad :</i> Soltar conexión y distribuir los conductores de manera adecuada en el barraje					
<i>Unidad :</i> Gl					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	3	\$ 1.900	
Transporte	u	\$ 2.300	3	\$ 2.300	
Sub-Total					\$ 6.700
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
				Valor parcial \$	50.000
Sub-Total					\$ 50.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	,5	\$ 46.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	,5	\$ 96.000
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$70.000		
Sub-Total					\$ 142.000
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 198.700

Anexo 15. Presupuesto cambiar unión por conector certificado

<i>Actividad :</i> Soltar conexión, limpiar cuidadosamente y cambiar unión por conector certificado						
<i>Unidad :</i> Gl						
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO						
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial		
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	10	\$ 6000		
Transporte	u	\$ 2.300	10	\$ 250		
Sub-Total					\$ 850	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial		
Conector certificado por Rutie	Gl	1	\$ 15.000	\$ 15.000		
Valor parcial				\$ 15.000		
Sub-Total					\$ 15.000	
III. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial	
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	5	\$ 4.800	
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	5	\$ 8.750	
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250			
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000			
Sub-Total					\$ 13.550	
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 29.400	

Anexo 16.Presupuesto instalación de barraje

<i>Actividad :</i>		Instalación de barraje para distribución de conductores				
<i>Unidad :</i>		Gl				
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO						
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial		
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	1	\$ 5600		
Transporte	u	\$ 2.300	,3	\$ 12500		
				Sub-Total	\$ 18.100	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial		
Barraje electrolítico	u	1	\$ 25.600	\$ 25.600		
Accesorios	Gl	1	\$ 10.000	\$ 10.000		
				Valor parcial	\$ 35.600	
				Sub-Total	\$35.600	
III. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial	
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	1	\$ 23.800	
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	1	\$ 43.750	
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250			
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000			
				Sub-Total	\$ 33.775	
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 97.250	

Anexo 17. Presupuesto cambiar conductores Camilo Torres

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Camilo Torres			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	m	23	\$ 17.000	\$ 391.000	
tornillos	u	14	\$ 500	\$ 7.000	
conectores mecánicos	u	14	\$ 3.000	\$ 42.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1/2"	m	23	\$ 1.000	\$ 23.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 200.000	
				Valor parcial	\$ 713.000
				Sub-Total	\$ 713.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 119.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 218.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,5	\$ 119.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,5	\$ 218.500
				Sub-Total	\$ 675.500
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 1'467.500

Anexo 18. Presupuesto cambiar conductores Ing. Mecánica

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Ing. Mecánica			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	123	\$ 2.200	\$ 270.600	
tornillos	u	14	\$ 500	\$ 7.000	
conectores mecánicos	u	14	\$ 3.000	\$ 42.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1/2"	m	123	\$ 1.000	\$ 123.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 600.000	
				Valor parcial	\$1'092.600
				Sub-Total	\$ 1'092.600
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 119.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 218.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,5	\$ 119.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,5	\$ 218.500
				Sub-Total	\$ 675.500
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 1'846.100

Anexo 19.Presupuesto equipotencializar.

<i>Actividad :</i> Equipotencializar puerta mediante conductor adecuado					
<i>Unidad :</i> Gl					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	1	\$ 5.600	
Transporte	u	\$ 2.300	1	\$ 2.300	
				Sub-Total	\$ 7.900
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	0,2	\$ 2.200	\$ 450	
tornillos	u	2	\$ 500	\$ 1.000	
conectores	u	2	\$ 3.000	\$ 6.000	
				Valor parcial	\$ 7.440
				Sub-Total	\$ 7.450
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	6	\$ 4.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	6	\$ 7.300
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 11.300
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 26.650

Anexo 20. Presupuesto cambiar conductores Luis A. Calvo

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Auditorio Luis A. Calvo			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
Sub-Total					\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	30	\$ 2.200	\$ 66.000	
tornillos	u	8	\$ 500	\$ 4.000	
conectores mecánicos	u	8	\$ 3.000	\$ 24.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de ½"	m	30	\$ 1.000	\$ 30.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 200.000	
Valor parcial				\$ 424.000	
Sub-Total					\$ 424.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 47.600
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 87.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
Sub-Total					\$ 135.100
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 639.100

Anexo 21.Presupuesto cambiar conductores Biblioteca

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Biblioteca			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
Sub-Total					\$79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 2/0	m	20	\$ 20.000	\$ 400.000	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6	m	18	\$ 3.450	\$ 62.100	
tornillos	u	16	\$ 500	\$ 8.000	
conectores mecánicos	u	16	\$ 3.000	\$ 48.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1"	m	20	\$ 3.000	\$ 60.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 400.000	
Valor parcial				\$ 518.100	
Sub-Total					\$ 1068.100
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 119.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 218.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,5	\$ 119.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,5	\$ 218.500
Sub-Total					\$ 675.500
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 1'822.600

Anexo 22.Presupuesto cambiar conductores CENTIC

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad CENTIC				
<i>Unidad :</i>		Gl				
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO						
Descripción		Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor		Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte		u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
					Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES						
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 6		m	40	\$ 3.200	\$ 128.000	
tornillos		u	26	\$ 500	\$ 13.000	
conectores mecánicos		u	26	\$ 3.000	\$ 78.000	
Accesorios		Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de ½ "		m	40	\$ 1.000	\$ 40.000	
Excavación y terminación		Gl	1	\$ 1.000	\$ 800.000	
					Valor parcial	\$ 1'09.000
					Sub-Total	\$ 1090.000
III. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial	
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000	
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$ 437.500	
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,1	\$ 238.000	
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,1	\$ 437.500	
					Sub-Total	\$ 1351.500
					TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 2'519.500

Anexo 23. Presupuesto cambiar conductores Administración I

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Admón. I			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	105	\$ 3.200	\$ 336.000	
Tornillos	u	22	\$ 500	\$ 11.000	
Conectores mecánicos	u	22	\$ 3.000	\$ 66.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de ½ "	m	105	\$ 1.000	\$ 105.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 300.000	
				Valor parcial	\$ 1281.000
				Sub-Total	\$ 1281.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$ 437.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,1	\$ 238.000
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,1	\$ 437.500
				Sub-Total	\$1350.500
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 2710.500

Anexo 24.Presupuesto instalar un segundo conductor bajante Administración I.

<i>Actividad :</i>		Instalar un segundo conductor bajante y equipotencializarlo con la puesta a tierra Admón. I			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 2	m	10	\$ 20.000	\$ 200.000	
tornillos	u	2	\$ 500	\$ 1.000	
conectores mecánicos	u	2	\$ 3.000	\$ 6.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de ½ "	m	105	\$ 1.000	\$ 105.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 300.000	
				Valor parcial	\$ 207.000
				Sub-Total	\$ 561.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$ 437.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,1	\$ 238.000
Técnico Especializado	\$40.000	75%	\$ 70.000	0,1	\$ 437.500
				Sub-Total	\$ 1350.500
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 1990.500

Anexo 25. Presupuesto cambiar conductor bajante por calibre adecuado

<i>Actividad :</i> Cambiar conductor bajante por calibre adecuado					
<i>Unidad :</i> Gl					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
Sub-Total					\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 2	m	10	\$ 20.000	\$ 200.000	
tornillos	u	2	\$ 500	\$ 1.000	
conectores mecánicos	u	2	\$ 3.000	\$ 6.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1 "	m	10	\$ 3.000	\$ 30.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 200.000	
Valor parcial				\$ 487.000	
Sub-Total					\$ 487.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$ 437.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
Sub-Total					\$ 675.500
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 1'241.500

Anexo 26.Presupuesto instalar un segundo conductor Biblioteca.

<i>Actividad :</i>		Instalar un segundo conductor bajante y equipotencializarlo con la puesta a tierra Biblioteca			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 2/0	m	20	\$ 20.000	\$ 400.000	
tornillos	u	2	\$ 500	\$ 1.000	
conectores mecánicos	u	2	\$ 3.000	\$ 6.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1 "	m	20	\$ 3.000	\$ 60.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 200.000	
				Valor parcial	\$ 1'056.000
				Sub-Total	\$ 1'056.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,1	\$ 238.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,1	\$ 437.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 675.500
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$1'810.500

Anexo 27.Presupuesto cambiar conductores Administración II

Actividad :		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Admón. II			
Unidad :		GI			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	GI	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	140	\$ 2.000	\$ 280.000	
tornillos	u	16	\$ 500	\$ 8.000	
conectores mecánicos	u	16	\$ 3.000	\$ 48.000	
Accesorios	GI	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1/2 "	m	140	\$ 1.000	\$ 140.000	
Excavación y terminación	GI	1	\$ 1.000	\$ 1000.000	
				Valor parcial	\$ 336.000
				Sub-Total	\$ 1446.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,2	\$ 119.000
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,2	\$ 218.750
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 337.750
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 1'862.750

Anexo 28. Presupuesto cambiar conductores Lab. Caracterización

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Lab. Caracterización			
<i>Unidad :</i>					
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
				Sub-Total	\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	32	\$ 2.000	\$ 64.000	
tornillos	u	26	\$ 500	\$ 13.000	
conectores mecánicos	u	26	\$ 3.000	\$ 78.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1/2 "	m	32	\$ 1.000	\$ 32.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 300.000	
				Valor parcial	\$537.000
				Sub-Total	\$ 537.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 47.600
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 87.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
				Sub-Total	\$ 135.100
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 751.900

Anexo 29. Presupuesto cambiar conductores Ciencias Humanas

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Ciencias Humanas			
<i>Unidad :</i>		GI			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	GI	\$ 5.600	0,1	\$ 56.000	
Transporte	u	\$ 2.300	0,1	\$ 23.000	
Sub-Total					\$ 79.000
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	36	\$ 2.000	\$ 72.000	
tornillos	u	26	\$ 500	\$ 13.000	
conectores mecánicos	u	26	\$ 3.000	\$ 78.000	
Accesorios	GI	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1/2 "	m	36	\$ 1.000	\$ 32.000	
Excavación y terminación	GI	1	\$ 1.000	\$ 300.000	
Valor parcial				\$ 545.000	
Sub-Total					\$ 545.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 47.600
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 87.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,5	\$ 47.600
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,5	\$ 87.500
Sub-Total					\$ 269.200
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 893.900

Anexo 30.Presupuesto cambiar conductores Coliseo

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Coliseo			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,5	\$ 11.200	
Transporte	u	\$ 2.300	0,5	\$ 4.600	
				Sub-Total	\$ 15.800
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	56	\$ 2.000	\$ 112.000	
tornillos	u	28	\$ 500	\$ 14.000	
conectores mecánicos	u	28	\$ 3.000	\$ 84.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Tubería de PVC de 1/2 "	m	56	\$ 1.000	\$ 56.000	
Excavación y terminación	Gl	1	\$ 1.000	\$ 300.000	
				Valor parcial	\$ 616.000
				Sub-Total	\$ 616.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 47.600
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 87.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250	0,5	\$ 47.600
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000	0,5	\$ 87.500
				Sub-Total	\$ 901.800
				TOTAL COSTO DIRECTO :	\$ 901.800

Anexo 31.Presupuesto cambiar conductores CENIVAM

<i>Actividad :</i>		Cambiar conductores no aceptables resultantes de la medida de equipotencialidad Cenixam			
<i>Unidad :</i>		Gl			
I. HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa / unidad	Rendimiento	Valor Parcial	
Herramienta menor	Gl	\$ 5.600	0,5	\$ 11.200	
Transporte	u	\$ 2.300	0,5	\$ 4.600	
Sub-Total					\$ 15.800
II. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Parcial	
Cable cobre aislado Cu-THHN No 8	m	18	\$ 2.000	\$ 36.000	
tornillos	u	14	\$ 500	\$ 7.000	
conectores mecánicos	u	14	\$ 3.000	\$ 42.000	
Accesorios	Gl	1	\$ 50.000	\$ 50.000	
Valor parcial				\$ 85.000	
Sub-Total					\$ 85.000
III. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor Parcial
Ayudante	\$ 13.600	75%	\$ 23.800	0,5	\$ 47.600
Oficial	\$ 25.000	75%	\$ 43.750	0,5	\$ 87.500
Técnico Constructor	\$ 35.000	75%	\$ 61.250		
Técnico Especializado	\$ 40.000	75%	\$ 70.000		
Sub-Total					\$ 135.100
TOTAL COSTO DIRECTO :					\$ 835.900

Anexo 32.Corrientes de corto – circuito suministradas por la ESSA

Apoyo	Capacidad Transformador (KVA)	Corriente de Co – Ci (KA)	Observaciones
1138154	300	3,7	Ing. Eléctrica
1138413	150	3,6	Jorge B. Vesga
1138448	315 315	3,6 3,6	Biblioteca
1138499	200 100	3,3 3,3	Administración I
1138618	150	3,3	Administración II
1138405	315	3,6	Ing. Civil
1138421	200	3,5	Planta de Aceros
1138430	400	3,4	Camilo Torres
1138600	160	3,2	Ing. Mecánica
1138472	150 100	3,2 3,2	Auditorio Luis A. Calvo
2750872	400	3,2	Ciencias Humanas
2732157	400	2,9	Coliseo
2740729	150	2,8	CENIVAM [®]
	500 500	3,6 3,6	CENTIC
	225	2,8	Laboratorios de caracterización
	225	3,6	Ing. Química

Anexo 33. Equipo utilizado para medida de resistencia de puesta a tierra.

Ultimate Instruments for Testing Earth and Insulation Resistance



TECHNICAL SPECIFICATION

Insulation Resistance ● ● ●	
Display range Riso ($U_N \geq 250V$)	0 – 000 M + 29.9 GΩ
Display range Riso ($U_N < 250V$)	0 – 000 M + 199.9 MΩ
Resolution	0.001; 0.01; 0.1; 1; 10; 100 MΩ
Accuracy	$\pm(2\% + 2 D) \dots (0 + 199.9 M\Omega)$
Nominal test voltage	50 + 1000 V in steps of 10 V
Generator current capability	>1 mA at U_{nom} .
Display range (test voltage)	0 + 1200 V
Continuity of Protection Conductors (single measurement) ● ● ●	
Display range	0.00 + 19.99 20.0 + 199.9 200 + 1999 Ω
Accuracy	$\pm(2\% + 2 D)$ $\pm(3\%)$
Test current	>200 mA
Compensation of test leads (up to 5 Ω)	yes
Automatic polarity exchange	yes
Continuity (continuous measurement) ● ● ●	
Display range	0.0 + 199.9 Ω 200 + 1999 Ω
Specific Earth Resistance ● ●	
Display range	0 + 1999 kΩm (kΩft)
Calculation	$\rho = 2\pi a R_e$
Distance between test rods	1 + 30 m (1 + 90 ft)
Other characteristics see under four-lead method	
Voltage a.c./d.c. ● ● ●	
Display range	0 + 600 V
Accuracy	$\pm(2\% + 2 D)$
Nominal frequency range	45 + 65 Hz, d.c.
Current (True RMS) A1018, A1019	
Measurement principle	current clamp 1 A / 1 mA
Display range	0 + 200 A
Resolution	0.1; 1 mA; 0.01; 0.1; 1 A
Basic accuracy	$\pm(5\% + 5 D) \dots (0.5 mA + 200 A)$
Nominal frequency	50/60 Hz
Varistor Overvoltage Prot. Devices – Breakdown Voltage ● ● ●	
Measurement principle	d.c. voltage ramp (500 V/s)

Accuracy	$\pm(3\% + 3 D)$
Short-circuit test current	<7 mA
Earth Resistance (four-lead method) ● ●	
Display range	0 + 19.99 kΩ
Resolution	0.01; 0.1; 1; 10 Ω
Basic accuracy	$\pm(2\% + 3 D) \dots (0 + 2 k\Omega)$
Test voltage	<40 V / 125 Hz / sine wave
Short-circuit test current	<20 mA
High noise rejection	yes
Aut. potential and current probe res. test	yes
Earth Resistance (four-lead method + clamp) + ● ● 18	
Display range	0 + 1.99 kΩ
Other characteristics see under four-lead method	
Earth Resistance (two test clamps) A1018 + A1019	
Display range	0 + 19.99 Ω 20.0 + 100.0 Ω
Basic accuracy	$\pm(10\% + 2 D)$ $\pm(20\%)$
Display range	50 + 1000 V
Accuracy	$\pm(5\% + 10 V)$
Threshold current	1 mA
GENERAL CHARACTERISTICS	
Power supply	6 V (4 × 1.5 V IEC LR14)
Visual and acoustic warnings	yes
Display	custom design LCD (with backlight)
Memories	approx. 1000 measurements
Computer connection	RS 232
Dimensions (w × h × d)	265 × 110 × 185 mm
Weight (without acces., with batteries)	1.7 kg
Protection classification	double insulation
Overvoltage category	CAT III/300V or CAT II/600 V
Pollution degree	2
Degree of protection	IP 54
Working temperature range	0 + 40 °C
Max. humidity	85 % RH (0 + 40 °C)
Auto power OFF	yes

Anexo 34. Equipo utilizado para medida continuidad.



- **Ligero**

El CPM 500 es el $\mu\Omega$ -metro más ligero del mundo, con un peso de sólo 7.5 kg. Este equipo completamente electrónico puede utilizarse en todas las aplicaciones que requieran desde 10 a 500 A

- **Aplicaciones Típicas**

El CPM 500 se puede utilizar para medir las resistencias de:

- Interruptores
- Seccionadores
- Uniones de barras
- Empalmes de Cables
- Soldaduras
- Puestas a tierra

Datos Técnicos

Tensión de Alimentación	90 - 250V 50/60Hz
Rango de Corriente	10 - 500ACC
Rango de Resistencia	1 $\mu\Omega$ - 200 m Ω
Resolución Máxima	0,1 $\mu\Omega$
Precisión	$\pm(0.2\% + 1 \text{ LSD})$
Temperatura de Operación	-10°C - +50°C / 14°F - 122°F
Peso	7.5 kg / 16.5 lbs
Dimensiones	198 x 255 x 380 mm 78 x 100,4 x 149,6 in (An x Al x F) sin asa

Anexo 35.Equipo utilizado para medida de las tensiones.



CPC 100

Generador / Salidas

Salidas de corriente

Rango	Amplitud	$t_{\text{máx}}^1$	$V_{\text{máx}}^2$	Potencia $_{\text{máx}}^2$	f
800 A CA ³	0 a 800 A	25 s	6,0 V	4800 VA	15 a 400 Hz
	0 a 400 A	8 min.	6,4 V	2560 VA	15 a 400 Hz
	0 a 200 A	> 2 h	6,5 V	1300 VA	15 a 400 Hz
6 A CA ¹⁰	0 a 6 A	> 2 h	55 V	330 VA	15 a 400 Hz
3 A CA ¹⁰	0 a 3 A	> 2 h	110 V	330 VA	15 a 400 Hz
400 A CC	0 a 400 A	2 min.	6,5 V	2600 VA	CC
	0 a 300 A	3 min.	6,5 V	1950 VA	CC
	0 a 200 A	> 2 h	6,5 V	1300 VA	CC
6 A CC ^{4,10}	0 ... 6 A	> 2 h	60 V	360 VA	CC

2000 A CA³ con un amplificador de corriente opcional (CP CB2)

Anexo 36.Código del programa distribución de tensiones.

```

function varargout = Tensiones(varargin)
% TENSIONES M-file for Tensiones.fig
%     TENSIONES, by itself, creates a new TENSIONES or raises the
existing
%     singleton*.
%
%     H = TENSIONES returns the handle to a new TENSIONES or the handle
to
%     the existing singleton*.
%
%     TENSIONES('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%     function named CALLBACK in TENSIONES.M with the given input
arguments.
%
%     TENSIONES('Property','Value',...) creates a new TENSIONES or
raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
%     applied to the GUI before Tensiones_OpeningFcn gets called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to Tensiones_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
% Edit the above text to modify the response to help Tensiones
% Last Modified by GUIDE v2.5 18-Jan-2012 20:15:23
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Tensiones_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Tensiones_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Tensiones is made visible.
function Tensiones_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

```

```

handles.V=[];
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% UIWAIT makes Tensiones wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
% --- Outputs from this function are returned to the command line.

function varargout = Tensiones_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
% --- Executes on button press in pushbutton1.

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
a=pwd;
[archivo,ruta]=uigetfile('*.xls;*.xlsx');
cd(ruta)
V=xlsread(archivo,-1);
cd(a)
[x,y]=meshgrid(handles.dx:0.05:handles.lx,handles.dy:0.05:handles.ly);
v=griddata(V(:,1),V(:,2),V(:,3),x,y);
[m,n]=size(v);
hold on
grid on
cla
g=get(handles.popupmenu1,'Value');
if g==1
    surf(x,y,v)
    shading interp
    legend('Interior de la SE','Exterior de la SE')
else
    contourf(x,y,v)
end
set(handles.axes1,'YLim',[handles.dy,handles.ly],'XLim',[handles.dx,handles.lx])
zlabel('Tension [V]')
xlabel('Orientación E-W [m]')
ylabel('Orientación N-S [m]')
handles.V=V;
guidata(hObject,handles)

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.dx=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'XLim',[handles.dx,handles.lx])
guidata(hObject,handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.dx=0;

```

```

guidata(hObject,handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.lx=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'XLim',[handles.dx,handles.lx])
guidata(hObject,handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.lx=20;
guidata(hObject,handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.dy=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'YLim',[handles.dy,handles.ly])
guidata(hObject,handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.dy=0;
guidata(hObject,handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.ly=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'YLim',[handles.dy,handles.ly])
guidata(hObject,handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.ly=20;
guidata(hObject,handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
V=handles.V;
a=pwd;

```

```

[archivo,ruta]=uigetfile('*.xls;*.xlsx');
cd(ruta)
VV=xlsread(archivo,-1);
cd(a)
hold(handles.axes1,'on')
plot3(VV(:,1),VV(:,2),VV(:,3),'Marker','o','LineStyle','none','Color','magenta')
legend('Interior de la SE','Exterior de la SE')
set(handles.axes1,'YLim',[handles.dyf,handles.lyf],'XLim',[handles.dxf,handles.lxf])

```

```

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.dxf=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'XLim',[handles.dxf,handles.lxf])
guidata(hObject,handles)

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

```

```

function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.dxf=0;
guidata(hObject,handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.lxf=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'XLim',[handles.dxf,handles.lxf])
guidata(hObject,handles)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit6 as a
double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

```

```

function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.dyf=0;
guidata(hObject,handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.dyf=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'YLim',[handles.dyf,handles.lyf])
guidata(hObject,handles)

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

```

```

function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.lxf=20;
guidata(hObject,handles)

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.lyf=str2double(get(hObject,'String'));
set(handles.axes1,'YLim',[handles.dyf,handles.lyf])
guidata(hObject,handles)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
handles.lyf=20;
guidata(hObject,handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu1
contents as cell array
%          contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
popupmenu1
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```