

UNIVERSIDAD DE CUENCA



Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Eléctrica

“Manual de mantenimiento de puestas a tierra de la línea de subtransmisión 69kV Sacha - Orellana”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico

Autores:

Polo Vinicio Fernández Chica

C.I. 0704614205

Oliver Eddison Loayza Romero

C.I. 0702251372

Director:

Ing. Juan Bautista Sanango Fernández, M.Sc.

C.I. 0301522892

Tutor:

Ing. Jorge Enrique Estrada Centeno

C.I. 0501599401

Cuenca – Ecuador

2018



RESUMEN

El presente trabajo considera la manera adecuada de realizar el mantenimiento de los sistemas de puesta a tierra en la línea de subtransmisión a 69 kV Sacha – Orellana. El manual de mantenimiento, objeto de este trabajo, detalla los procedimientos, personal, materiales y equipos mínimos necesarios para realizar los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos de los sistemas de puestas a tierra de la línea de subtransmisión.

Los tipos de mantenimientos se encuentran enfocados en función de los registros de descargas atmosféricas, ángulos de apantallamiento de la línea de subtransmisión, resistencia de la puesta a tierra y fallas ocasionadas por causas de origen externo.

Se realiza un análisis desde el punto de vista técnico-económico y socioeconómico, en el cual se buscaron materiales que reemplacen a los que comúnmente se utilizan en los sistemas de puesta a tierra, debido principalmente a los hurtos de los conductores de cobre de los sistemas de puesta a tierra de la línea de subtransmisión Sacha – Orellana, que han ocasionado la mayoría de fallas registradas.

Además se verifica que en la zona oriental del Ecuador, los niveles cerámicos son elevados en relación al resto del país, lo que da como resultado un mayor número de precipitaciones acompañadas casi en su mayoría de descargas atmosféricas, que influyen directamente en los índices de fallas registradas en la línea de subtransmisión Sacha – Orellana.

Palabras Clave

LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN, SISTEMA DE PUESTA A TIERRA, DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, ÁNGULOS DE APANTALLAMIENTO, RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA, RESISTIVIDAD DEL SUELO, NIVELES CERÁMICOS, MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MANTENIMIENTO PREDICTIVO, MANTENIMIENTO CORRECTIVO.



ABSTRACT

This project considers the adequate way to perform maintenance for grounding systems, in the subtransmission line at 69 kV of Sacha-Orellana. The maintenance manual, object of this project, details the procedures, personal, materials, and the minimum equipment required to perform all, preventive, predictive, and corrective maintenances for the grounding systems in the subtransmission line.

The types of maintenance are focused in function of the registers of atmospheric discharges, angles of shielding of the subtransmission line, resistance of the grounding system and the failures due to causes of external origin.

Most of the failures registered are due to the thief of the copper conductors in most of the grounding system of the subtransmission line in Sacha- Orellana. Therefore an analysis from the points of view technical-economic and socio economic provides the search for materials to replace the ones that are commonly used in the grounding system.

Furthermore, there is a verification that in the east zone, the ceraunic levels are elevated in relation to the rest of the country, this provides as a result a higher number of precipitations combined, most of them, with atmospheric discharges that influence directly in the failure indexes registered in the subtransmission line Sacha-Orellana

Key Words

SUBTRANSMISION LINE, GROUNDING SYSTEM, ATMOSPHERIC DISCHARGES, ANGLES OF SHIELD, RESISTANCE OF THE GROUND SYSTEM, RESISTIVITY OF THE LAND, CERAUNIC LEVELS, PREVENTIVE MAINTENANCE, PREDICTIVE MAINTENANCE, CORRECTIVE MAINTENANCE.



ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	27
1.1. INTRODUCCIÓN.....	27
1.2. ANTECEDENTES	28
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	29
1.4. ALCANCE	29
1.5. OBJETIVO GENERAL	30
1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	31
2.1. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	31
2.1.1. ATMÓSFERA	31
2.1.2. RAYOS.....	35
2.1.3. NIVEL CERÁUNICO	37
2.2. HILO DE GUARDA	39
2.2.1. ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO.....	41
2.3. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	45
2.3.1. CONECTORES	49
2.3.2. CONDUCTORES	54
2.3.3. ELECTRODO O VARILLA.....	56
2.4. SUELO	56
2.4.1. CORROSIÓN Y CONDUCCIÓN	59
2.5. LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN	65
2.5.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS.....	68
2.6. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	70



2.6.1.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	71
2.6.2.	TELURÓMETRO	73
2.6.3.	LLAVE INGLESA	74
2.6.4.	FLEXÓMETRO.....	74
2.6.5.	PALA	75
2.6.6.	BARRA.....	75
2.6.7.	MACHETE.....	76
2.6.8.	ALICATE	76
2.6.9.	MACHINADORA	77
2.6.10.	MACHUELO	77
2.7.	MANTENIMIENTO.....	78
2.7.1.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	78
2.7.2.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO.	79
2.7.3.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.	79
2.8.	NORMATIVA DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN A 69KV.	79
	Ángulo de apantallamiento.....	80
	Resistencia de la puesta a tierra.....	80
CAPÍTULO III: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS		81
3.1.	EQUIPOS UTILIZADOS	81
	TELURÓMETRO:.....	81
	HERRAMIENTAS MENORES.....	83
3.2.	RECOPIACIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	83
	RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA	83
	ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO	93
	PRECIPITACIONES	97



REPORTE DE FALLAS	99
3.3. ANÁLISIS DE DATOS	101
3.3.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	101
3.3.2. ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO	103
3.3.3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS	105
3.3.4. FALLAS REGISTRADAS	114
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	117
4.1. TOMA DE DATOS EN CAMPO	117
4.1.1. RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA	117
4.1.2. ANGULO DE APANTALLAMIENTO	122
4.2. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO	123
4.3. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO	126
CAPÍTULO V: MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	128
5.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	130
5.1.1. PROCEDIMIENTO	130
5.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO	136
5.2.1. PROCEDIMIENTO	136
5.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	141
5.3.1. PROCEDIMIENTO	141
5.4. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL SPAT EN LA LST SACHA – ORELLANA.	156
5.4.1. MEJORAMIENTO DEL ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO	156
5.4.2. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	158
CAPÍTULO VI:	160
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	160
Conclusiones:	160



Recomendaciones:	163
BIBLIOGRAFÍA.....	165
ANEXOS:	169
Anexo 1: Características de conductores de cobre. [31]	169
Anexo 2: Características de conductores Alumoweld. [16]	170
Anexo 3: Proforma económica de conductores HIDALCOM.....	171
Anexo 4: Proforma económica de conductores El Contactor.	172
Anexo 5: Reporte de inspección detallada de sistemas de puesta a tierra en líneas de subtransmisión.	173
Anexo 6: Levantamiento de materiales detallados en sistemas de puesta a tierra.	174
Anexo 7: Características de conductores copperweld. [17].....	175
Anexo 8: Revisión de la línea en busca de posibles fallas.....	176
Anexo 9: Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste de conectores tipo perno partido y tipo ojo superior.	177
Anexo 10: Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste del conector tipo ojo inferior.....	178
Anexo 11: Cambio del conductor copperweld, conectores tipo ojo inferior, tipo C y colocación de grasa conductiva en los conectores.	179
Anexo 12: Cambio de conectores tipo perno partido, tipo ojo superior y colocación de grasa conductiva.	180
Anexo 13: Reemplazo de varilla copperweld.....	181
Anexo 14: Medición de conductividad interna del poste.	182
Anexo 15: Medición de la resistencia de la puesta a tierra.....	183
Anexo 16: Medición de la resistividad del terreno.....	184
Anexo 17: Conector tipo perno partido mal ajustado.	185
Anexo 18: Conector tipo ojo mal ajustado.....	186



Anexo 19:	Conector tipo perno partido sulfatado.....	187
Anexo 20:	Conector tipo ojo sulfatado.....	188
Anexo 21:	Conector tipo perno partido roto.....	189
Anexo 22:	Conector tipo ojo roto.....	190
Anexo 23:	No existe perno de ajuste del conector tipo ojo.....	191
Anexo 24:	Perno de ajuste del conector tipo ojo oxidado.....	192
Anexo 25:	Conductor copperweld cortado.....	193
Anexo 26:	No existe conductividad interna en el poste.....	194
Anexo 27:	Alta resistencia de la puesta a tierra - Conductor copperweld deteriorado.....	195
Anexo 28:	Alta resistencia de la puesta a tierra - Conector tipo C deteriorado.....	196
Anexo 29:	Alta resistencia de la puesta a tierra - Varilla copperweld deteriorada.....	197
Anexo 30:	Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 66 Ω -m y 81 Ω -m, colocación de contrapeso.....	198
Anexo 31:	Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 81 Ω -m y 102 Ω -m, incremento de 1 varilla copperweld.....	199
Anexo 32:	Alta resistencia de la puesta a tierra - Alta resistividad del terreno.....	200
Anexo 33:	Mejoramiento del ángulo de apantallamiento.....	201
Anexo 34:	Instalación de un SPAT en una LST.....	202
Anexo 35:	Diagrama unifilar de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos.....	203



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Comportamiento más común de una descarga atmosférica. (fuente autores)	32
Figura 2.2. Esquema del campo eléctrico atmosférico. (fuente autores)	34
Figura 2.3. Mapa cerámico del Ecuador. [4]	38
Figura 2.4. Descarga atmosférica en hilo de guarda. (fuente autores)	40
Figura 2.5. Descarga atmosférica en el poste. (fuente autores).....	41
Figura 2.6. Método de Charles. (fuente autores)	42
Figura 2.7. Método de Wagner y Mac Cann. (fuente autores)	43
Figura 2.8. Método de Schwaiger. (fuente autores)	44
Figura 2.9. Método de Langrehr. (fuente autores)	45
Figura 2.10. Flameo inverso. (fuente autores)	46
Figura 2.11. Circuito equivalente flameo inverso. (fuente autores)	46
Figura 2.12. Curvas de comportamiento de voltaje. (fuente autores)	46
Figura 2.13. Conector tipo perno partido. [8]	49
Figura 2.14. Conector copperweld de perno. [9]	50
Figura 2.15. Conector copperweld de pestaña. [10]	50
Figura 2.16. Conector grapa bulonada. [11]	51
Figura 2.17. Conector tipo ojo. [12]	52
Figura 2.18. Conector de compresión tipo C. [13]	52
Figura 2.19. Conector de compresión tipo E. [13]	53
Figura 2.20. Conector de compresión tipo G. [14]	53
Figura 2.21. Conector de golpe. [12]	54
Figura 2.22. Solda exotérmica. (fuente autores)	54
Figura 2.23. Cable de cobre desnudo. [15]	55



Figura 2.24. Cable Alumoweld. [16].....	55
Figura 2.25. Cable copperweld. [17]	56
Figura 2.26. Varilla copperweld. [15]	56
Figura 2.27. Distintos grupos de suelo. [18]	58
Figura 2.28. Resistividad típica de algunas aguas y suelos. [18].....	61
Figura 2.29. Método de Wenner. (fuente autores)	61
Figura 2.30. Método de Schlumberger-Palmer. (fuente autores)	63
Figura 2.31. Línea de subtransmisión. (fuente autores)	66
Figura 2.32. Esquema del SNI. (fuente autores)	66
Figura 2.33. Diagrama unifilar CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos. (fuente CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos)	67
Figura 2.34. Casco de seguridad dieléctrico. (fuente autores).....	71
Figura 2.35. Zapato de seguridad dieléctrico. (fuente autores)	72
Figura 2.36. Cinturón y arnés de seguridad de electricista. [21]	72
Figura 2.37. Gafas de seguridad. [14]	72
Figura 2.38. Guantes de seguridad. [22]	73
Figura 2.39. Ropa de trabajo. [14]	73
Figura 2.40. Telurómetro TENTECH EM-4056. [23]	74
Figura 2.41. Lave inglesa. [24]	74
Figura 2.42. Flexómetro. [25]	75
Figura 2.43. Pala. [26]	75
Figura 2.44. Barra de acero. [26]	76
Figura 2.45. Machete. [26]	76
Figura 2.46. Alicata de electricista. [26]	77
Figura 2.47. Machinadora hidráulica. [27].....	77



Figura 2.48. Machinadora hidráulica. [28].....	78
Figura 3.1. Estructuras que cumplen con la resistencia permitida. (fuente autores)	101
Figura 3.2. Estructuras que cumplen con el ángulo de apantallamiento permitido. (fuente autores)	104
Figura 3.3. Precipitaciones mensuales año 2015. (fuente autores).....	105
Figura 3.4. Precipitaciones máximas diarias por mes, año 2015. (fuente autores)	105
Figura 3.5. Días con precipitaciones por mes, año 2015. (fuente autores)	106
Figura 3.6. Precipitaciones mensuales año 2016. (fuente autores).....	107
Figura 3.7. Precipitaciones máximas diarias por mes, año 2016. (fuente autores)	107
Figura 3.8. Días con precipitaciones por mes, año 2016. (fuente autores)	108
Figura 3.9. Precipitaciones mensuales año 2017. (fuente autores).....	108
Figura 3.10. Precipitaciones máximas diarias por mes, año 2017. (fuente autores)	109
Figura 3.11. Días con precipitaciones por mes, año 2017. (fuente autores)	109
Figura 3.12. Precipitaciones mensuales años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)	110
Figura 3.13. Precipitaciones máximas diarias por mes, años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)	111
Figura 3.14. Días con precipitaciones por mes, años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)	111
Figura 3.15. Fallas año 2015. (fuente autores)	114
Figura 3.16. Fallas año 2016. (fuente autores)	115
Figura 3.17. Fallas año 2017. (fuente autores)	115
Figura 3.18. Fallas años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)	116



Figura 5.1. Sistema de puesta a tierra de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) 128

Figura 5.2. Formulario de inspección detallada. (fuente autores)..... 131

Figura 5.3. Formulario de levantamiento de materiales detallado. (fuente autores) 131

Figura 5.4. Mástil proyectado del hilo de guarda. (fuente autores)..... 157

Figura 5.5. Mástil del hilo de guarda. (fuente autores) 157



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Clasificación del nivel cerámico. [3]	38
Tabla 2.2. Registro del diámetro de la partícula. [18]	57
Tabla 2.3. Propiedades de los principales grupos de arcilla mineral. [18]	60
Tabla 2.4. Resistividad VS Corrosividad. [18]	60
Tabla 2.5. Efectos de cloruros, sulfatos y pH en la corrosión de tuberías. [18]	64
Tabla 2.6. Corrosividad del suelo respecto al potencial óxido-reductor. [18]	64
Tabla 2.7. Transformadores de potencia en líneas de subtransmisión. [20]	68
Tabla 2.8. Torres en líneas de subtransmisión. [20]	68
Tabla 2.9. Estructuras en líneas de subtransmisión. [20]	69
Tabla 2.10. Postes en líneas de subtransmisión. [20]	70
Tabla 3.1. Telurómetro TENTECH EM-4056. [23]	81
Tabla 3.2. Herramientas menores. (fuente autores)	83
Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores)	85
Tabla 3.4. Ángulo de apantallamiento registrado de las estructuras de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores)	93
Tabla 3.5. Precipitaciones registradas por el INAMHI durante el año 2015 en las ciudades de Nueva Loja y El Coca. [30]	98
Tabla 3.6. Precipitaciones registradas por el INAMHI durante el año 2016 en las ciudades de Nueva Loja y El Coca. [30]	98
Tabla 3.7. Precipitaciones registradas por el INAMHI durante el año 2017 en las ciudades de Nueva Loja y El Coca. [30]	99
Tabla 3.8. Reporte de fallas. (fuente CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos)	99



Tabla 3.9. Densidad de descargas atmosféricas a tierra. (fuente autores)	113
Tabla 4.1. Cuadro comparativo de características de conductividad. (fuente autores)	124
Tabla 4.2. Costos de los conductores. (fuente HIDALCON y El Contactor). Anexo 3 y 4	125
Tabla 4.3. Análisis de costos del cobre. [32]	127
Tabla 5.1. Proceso de inicio de actividad. (fuente autores)	129
Tabla 5.2. Proceso de inicio de trabajo. (fuente autores)	129
Tabla 5.3. Proceso de finalización de trabajo. (fuente autores)	129
Tabla 5.4. Proceso de finalización de actividad. (fuente autores)	129
Tabla 5.5. Mantenimiento preventivo. (fuente autores)	130
Tabla 5.6. Revisión de la línea en busca de posibles fallas. (fuente autores) ...	132
Tabla 5.7. Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste de conectores tipo perno partido y tipo ojo superior. (fuente autores)	133
Tabla 5.8. Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste del conector tipo ojo inferior. (fuente autores)	133
Tabla 5.9. Cambio del conductor copperweld inferior, conectores tipo ojo inferior, tipo C y colocación de grasa conductiva en los conectores. (fuente autores)	134
Tabla 5.10. Cambio del conductor copperweld superior, conectores tipo perno partido, tipo ojo superior y colocación de grasa conductiva. (fuente autores)	135
Tabla 5.11. Reemplazo de varilla copperweld. (fuente autores)	136
Tabla 5.12. Mantenimiento predictivo. (fuente autores)	137
Tabla 5.13. Mediciones obtenidas. (fuente autores)	139
Tabla 5.14. Verificación de conductividad interna del poste. (fuente autores)	140



Tabla 5.15. Medición de la resistencia de la puesta a tierra. (fuente autores)	140
Tabla 5.16. Medición de la resistividad del terreno. (fuente autores)	141
Tabla 5.17. Mantenimiento correctivo. (fuente autores)	142
Tabla 5.18. Posibles fallas y su acción. (fuente autores)	143
Tabla 5.19. Conector tipo perno partido mal ajustado. (fuente autores)	144
Tabla 5.20. Conector tipo ojo mal ajustado. (fuente autores)	144
Tabla 5.21. Conector tipo perno partido sulfatado. (fuente autores)	145
Tabla 5.22. Conector tipo ojo sulfatado. (fuente autores)	145
Tabla 5.23. Conector tipo perno partido roto. (fuente autores)	146
Tabla 5.24. Conector tipo ojo roto. (fuente autores)	147
Tabla 5.25. No existe perno de ajuste del conector tipo ojo. (fuente autores)	147
Tabla 5.26. Perno de ajuste del conector tipo ojo oxidado. (fuente autores)	148
Tabla 5.27. Conductor copperweld inferior cortado. (fuente autores)	149
Tabla 5.28. No existe conductividad interna en el poste. (fuente autores)	150
Tabla 5.29. Alta resistencia de la puesta a tierra – Conductor copperweld inferior deteriorado. (fuente autores)	151
Tabla 5.30. Alta resistencia de la puesta a tierra – Conector tipo C deteriorado. (fuente autores)	152
Tabla 5.31. Alta resistencia de la puesta a tierra – Varilla copperweld deteriorada. (fuente autores)	153
Tabla 5.32. Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 33 Ω -m y 40 Ω -m, colocación de contrapeso. (fuente autores)	154



Tabla 5.33. Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 40 Ω -m y 51 Ω -m, incremento de 1 varilla copperweld. (fuente autores) 155

Tabla 5.34. Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno – mayor a 51 Ω -m, mejoramiento del suelo con cemento conductivo. (fuente autores)..... 156

Tabla 5.35. Mejoramiento del ángulo de apantallamiento. (fuente autores) 158

Tabla 5.36. Instalación de un SPAT en una LST. (fuente autores)..... 159



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Polo Vinicio Fernández Chica en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Manual de mantenimiento de puestas a tierra de la línea de subtransmisión 69kV Sacha - Orellana", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2018

Polo Vinicio Fernández Chica

C.I: 0704614205



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Oliver Eddison Loayza Romero en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Manual de mantenimiento de puestas a tierra de la línea de subtransmisión 69kV Sacha - Orellana", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Oliver Eddison Loayza Romero', written over a horizontal line.

Oliver Eddison Loayza Romero

C.I: 0702251372



Cláusula de Propiedad Intelectual

Polo Vinicio Fernández Chica, autor del trabajo de titulación "Manual de mantenimiento de puestas a tierra de la línea de subtransmisión 69kV Sacha - Orellana", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, octubre de 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized letters and a long horizontal stroke at the end.

Polo Vinicio Fernández Chica

C.I: 0704614205



Cláusula de Propiedad Intelectual

Oliver Eddison Loayza Romero, autor del trabajo de titulación "Manual de mantenimiento de puestas a tierra de la línea de subtransmisión 69kV Sacha - Orellana", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, octubre de 2018

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

Oliver Eddison Loayza Romero

C.I: 0702251372



Certificado del Director del Trabajo de Titulación

Certifico que el trabajo de titulación "Manual de mantenimiento de puestas a tierra de la línea de subtransmisión 69kV Sacha - Orellana", ha sido desarrollado por los estudiantes: Polo Vinicio Fernández Chica con C.I.: 0704614205 y Oliver Eddison Loayza Romero con C.I.: 0702251372.

Cuenca, octubre de 2018

Ing. Juan Bautista Sanango Fernández, Mg.

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C.I. 0301522892



Certificado del Tutor del Trabajo de Titulación

El tutor de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos certifica que el Trabajo de Titulación "Manual de mantenimiento de puestas a tierra de la línea de subtransmisión 69kV Sacha - Orellana", ha sido desarrollado por los estudiantes: Polo Vinicio Fernández Chica con C.I.: 0704614205 y Oliver Eddison Loayza Romero con C.I.: 0702251372.

Cuenca, octubre de 2018

A handwritten signature in blue ink, reading 'Jorge Estrada Centeno', written over a horizontal line.

Ing. Jorge Enrique Estrada Centeno

JEFE DEL CENTRO DE CONTROL

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C.I. 0501599401



ACRÓNIMOS

SPAT	Sistema de puesta a tierra
PT	Puesta a tierra
LST	Línea de subtransmisión
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
EP	Empresa Pública
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
CELEC	Corporación Eléctrica del Ecuador
TRANSELECTRIC	Transmisión Eléctrica
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
UP	Unidades de propiedad
kV	Kilovoltios
3F	Trifásico
MVA	Megavoltamperio
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEC	Comisión Electrotecnia Internacional
NTC	Norma Técnica Colombiana
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
SIN	Sistema Nacional Interconectado
EPP	Equipos de Protección Personal
UV	Ultra violeta
N/A	No aplica



**ESTA TESIS HA SIDO DESARROLLADA DENTRO DEL CONVENIO ENTRE LA
UNIVERSIDAD DE CUENCA Y LA CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO
SUCUMBÍOS.**



AGRADECIMIENTOS

La gratitud es lo más valioso que tiene el ser humano, y más aún cuando los consejos, apoyos y experiencias aportan significativamente en tu vida y te hacen mejor persona; por eso un agradecimiento especial a mi esposa Silvia Elena y a mis hijos por su comprensión y amor incondicional, a mi cuñado Oliver por su experiencia y ayuda desinteresada durante todo el proyecto, a mi tutor Ing. Juan Sanango por su paciencia y comprensión, a la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos por la logística, y a todos quienes hicieron posible el feliz término de ésta gran meta.

Polo

Cuando el camino es largo y difícil de llegar al final nos deja tranquilos y con el corazón satisfecho de que hicimos todo lo posible para alcanzar la meta, y con esto queda como ejemplo para futuras generaciones que cualquier meta propuesta si se la persigue con constancia se llega a feliz término; por eso un agradecimiento muy especial para mi esposa Carmen Rodas a mis hijas, Angie, Jamileth y Yesly a mi cuñado y compañero Polo Fernández por el empeño en el desarrollo del presente proyecto, y en especial a nuestro tutor Ing. Juan Sanango por sus amplios conocimientos impartidos en las aulas de clase y en el desarrollo del proyecto, también un agradecimiento a CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos por permitirnos desarrollar este el trabajo investigativo.

Oliver



DEDICATORIAS

Lo mejor que puedo dejarle a mis hijos es el ejemplo de que nada en esta vida es imposible, por eso dedico este logro a mis queridos hijos, a mi amada esposa Silvia Elena, a mis sobrinos, a mis hermanos Milena, Robinson y Adán, a mis padres Narcisa y Luis, a mis cuñados, suegros y toda la familia y amigos que siempre serán el pilar fundamental en mi vida.

Polo

Al cumplir esta meta tan importante, quiero dedicar este triunfo a mí querida esposa Noemí, a mis hijas Angie, Jamileth y Yesly a mis Padres Gerónimo y Mariana, las personas más importantes en mi vida, quienes siempre estuvieron a mi lado y nunca dejaron de confiar en mí. Como olvidarme de todos y cada uno de los profesores que me impartieron sus conocimientos sus enseñanzas, su dedicación y su tiempo quienes además de enseñarme hicieron que mi paso por la Universidad de Cuenca fuera agradable y muy amena.

Oliver



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La región amazónica y especialmente la zona nororiental del país se caracteriza por ser un área donde se registran precipitaciones abundantes y que casi siempre van acompañadas de una gran cantidad de descargas atmosféricas, hecho que no es común en el resto del territorio ecuatoriano y es aquí donde se encuentra ubicada la línea de subtransmisión (LST) de 69 kV Sacha – Orellana.

Debido a estas condiciones climáticas extremas, los sistemas de puesta a tierra son fundamentales e indispensables para el funcionamiento óptimo del sistema de subtransmisión eléctrico y que, es reflejado directamente en la calidad de servicio técnico y confiabilidad del servicio de energía en la zona de influencia de la línea de subtransmisión.

Actualmente existen muchos procedimientos generales del mantenimiento de sistemas de puesta a tierra enfocados estrictamente a cumplir ciertas normativas técnicas sin contemplar factores externos como la lluvia, el viento, rayos, humedad, etc.; que influyen directamente en su funcionalidad.

La línea de subtransmisión de 69 kV Sacha – Orellana, transporta el servicio de energía eléctrica a las provincias de Sucumbíos y Orellana que son de vital importancia en la economía del país, ya que desde aquí se extrae el petróleo que representa el segundo ingreso más grande que tiene el Ecuador, a pesar de esto, gran parte de las personas son de bajos recursos económicos, sumados a las adicciones, ha conllevado a que la mayoría de los sistemas de puestas a tierra de la línea de subtransmisión hayan sido hurtados.



Éste hecho se suscita debido a que la mayoría de puestas a tierra cuando se construyó la línea de subtransmisión fueron de cobre, el cual es muy valorado en el mercado por su alto costo al momento de ser vendido como chatarra.

Es así que nace la necesidad de un manual de mantenimiento del sistema de puesta a tierra de la línea de subtransmisión a 69 kV Sacha – Orellana y su análisis técnico – económico para la sustitución y reemplazo de los conductores que actualmente son de cobre y Alumoweld por otro material que tenga iguales o mejores características técnicas y que no sea atractivo para el hurto.

1.2. ANTECEDENTES

La presencia de las constantes suspensiones del servicio de energía eléctrica no programadas en la línea de subtransmisión a 69 kV Sacha – Orellana, especialmente cuando existen lluvias acompañadas de descargas atmosféricas, afectan a la línea, haciendo que ésta salga de servicio inesperadamente.

Al ser ésta línea la que transporta la energía de manera bidireccional según las necesidades de las subestaciones Sacha (CNEL EP) y Orellana (TRANSELECTRIC EP), resulta imprescindible establecer una solución ante los factores externos que inciden en los índices de calidad de servicio.

Uno de los principales problemas están relacionados al ángulo de apantallamiento de protección contra descargas atmosféricas de la línea de subtransmisión, que en la mayoría de los casos no cumple con las normas de construcción eléctrica establecidas por los organismos reguladores y que repercuten directamente en los cortes de servicio no programados.



Por tal motivo, al momento de que se disminuye los cortes de servicio no programados mejora notablemente los índices de calidad de servicio, además que se pueden mejorar los sistemas de puestas a tierra estableciendo nuevos materiales desde el punto de vista técnico – económico que reemplacen al conductor de cobre y que no sean susceptibles al hurto.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Ante las diferentes anomalías que se pueden encontrar en los sistemas de puestas a tierra de la línea de subtransmisión a 69 kV Sacha – Orellana, es necesario contar con un manual de mantenimiento que indique de forma detallada el procedimiento para cada una de las actividades que involucran la manipulación de los elementos que conforman éste sistema.

Debido a los constantes hurtos de los materiales, especialmente del conductor de cobre, es importante buscar un material diferente que posea características similares de conductividad del cobre pero no sea llamativo para el hurto.

1.4. ALCANCE

El manual de mantenimiento de sistemas de puesta a tierra de la línea de subtransmisión a 69 kV Sacha – Orellana, es un documento que indica de una forma pormenorizada como proceder a realizar los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos del sistema tomando en cuenta las influencias internas y externas de la zona.

Al encontrar un material de similares características que reemplace al conductor de cobre y que no sea motivo de hurto, se logrará un sistema de puesta a tierra adecuado y permanente, enmarcado



dentro de las normas técnicas establecidas y de ésta manera minimizar las suspensiones del servicio por efecto de las descargas atmosféricas.

1.5. OBJETIVO GENERAL

- Realizar un manual de mantenimiento de sistemas de puesta a tierra de la línea de subtransmisión de 69 kV Sacha – Orellana.

1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar los materiales existentes en los sistemas de puesta a tierra con nuevos materiales que reemplacen a aquellos utilizados actualmente.
- Demostrar que la implementación de un mejorado sistema de puestas a tierra influye directamente en los índices de calidad de servicio.
- Evaluar los cambios de las puestas a tierra colocadas con nuevos materiales desde el punto vista técnico – económico y su incidencia en lo referente al hurto del material instalado.
- Motivar a la administración de la importancia de tener un buen sistema de puesta a tierra y que no sea susceptible al hurto, cumpliendo técnicamente con su función para la cual fue diseñada.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Benjamín Franklin (1706-1790), fue la primera persona que supuso por primera vez alguna semejanza entre el rayo y las chispas eléctricas, probando la naturaleza eléctrica de los rayos, concluyendo que la parte baja de las células de tormenta eléctrica están generalmente cargadas negativamente; además demostró la influencia de la puesta a tierra y del aislamiento, analizando qué acontecía en un conductor con forma puntiaguda, creando de esta manera el pararrayo. [1]

En 1823, se conforma una comisión para mejorar el pararrayo de Franklin y poderlo utilizar en la protección contra descargas eléctricas en edificios, manejado hasta 1979 con la aparición del libro de Anderson, que es una referencia hasta la actualidad. [1]

El rayo ha sido muy estudiado desde muchos años atrás, pero hasta la actualidad no se ha podido predecir cómo se puede comportar una tormenta eléctrica y sus consecuencias. [1]

2.1.1. ATMÓSFERA

La descarga atmosférica conocida como rayo, es la igualación violenta de cargas de un campo eléctrico que se ha creado entre una nube y la tierra o, entre nubes, como se muestra en la figura 2.1.

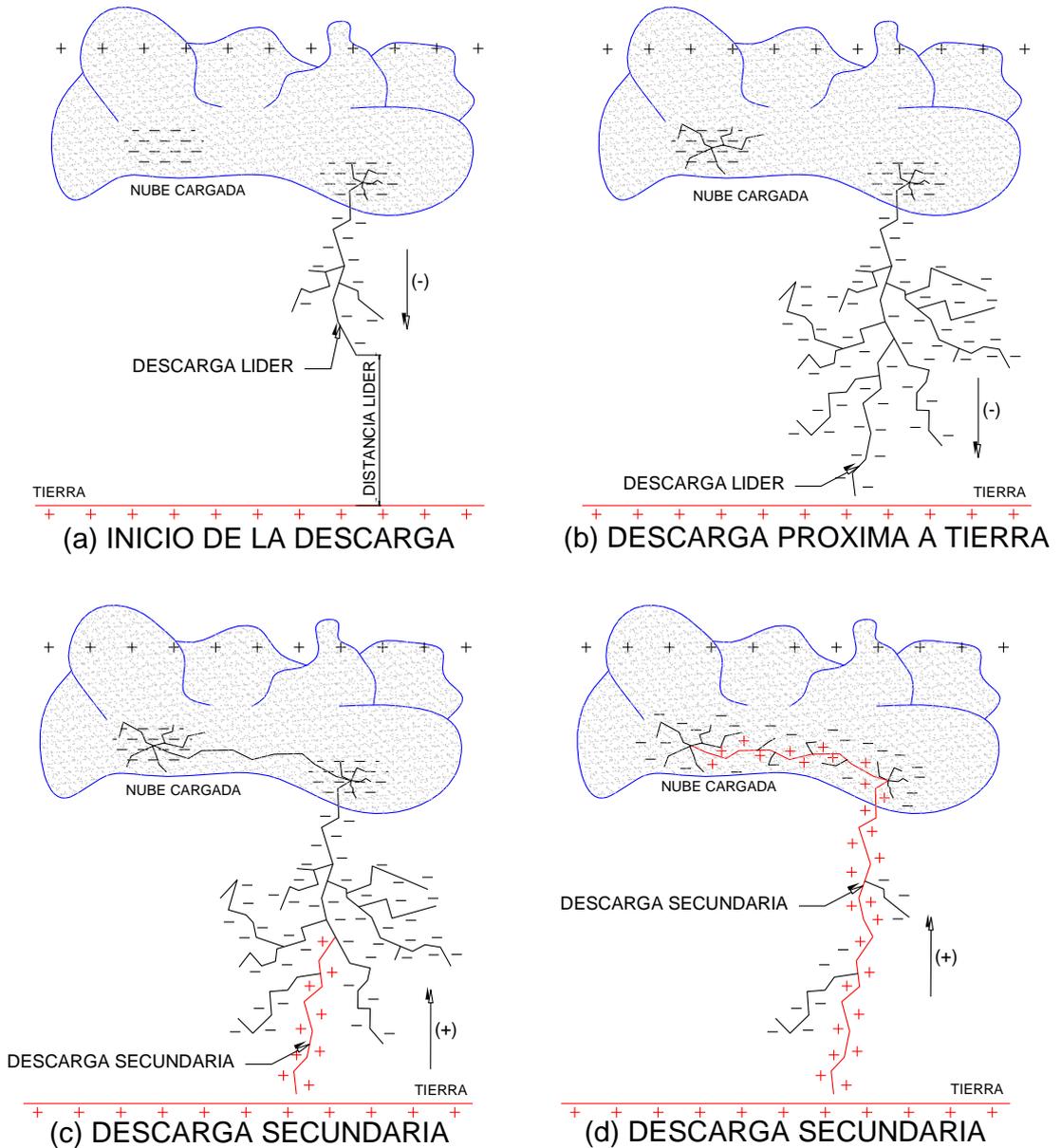


Figura 2.1. Comportamiento más común de una descarga atmosférica. (fuente autores)

Los rayos se producen debido a que en ciertas condiciones atmosféricas se igualan las cargas del campo eléctrico que se ha creado en el ambiente. Pueden ser de 4 tipos: 2 iniciados en las nubes, y 2 iniciados en tierra; y pueden ser positivos o negativos. Los más



comunes, que representan aproximadamente el 90% de los rayos detectados, son de una nube negativa hacia tierra. [1]

Los rayos iniciados en las nubes negativas, normalmente aparecen en nubes de tormenta del tipo cumulonimbus convectivas que usualmente miden desde 3 km a decenas de km de largo, y son consecuencia de un rompimiento dieléctrico atmosférico. [1]

Este rompimiento una vez iniciado, avanza en zigzag a varias decenas de metros/microsegundos $m/\mu s$ con cortes de decenas de microsegundos μs aproximadamente.

Una vez que el rompimiento crea una columna de plasma en el aire, la descarga eléctrica surge inmediatamente dentro de un hemisferio de unos 50 m de radio del punto de potencial más alto. Y, puede iniciarse incluso desde un punto debajo de una torre hacia arriba de partículas positivas. [1]

En un día normal, el campo eléctrico vertical es de 100 V/m aproximadamente, a nivel del mar en un ambiente seco, por lo que se considera que la tierra actúa como un capacitor cargado negativamente, sin embargo, a medida que la altitud de la superficie va incrementando, así como también la humedad, el campo eléctrico va disminuyendo. [1]

Por lo general se considera una diferencia de potencial de 400 kV a una distancia de 50 km; se podría decir que la tierra es como un capacitor esférico cargado negativamente con 1×10^6 culombios y en la atmósfera una carga igual pero positivamente, como se muestra en la figura 2.2. [1]

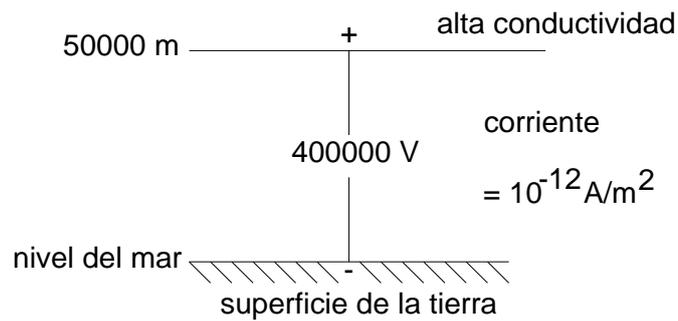


Figura 2.2. Esquema del campo eléctrico atmosférico. (fuente autores)

Los rayos por lo general son múltiples descargas, con intervalos entre ellas de decenas a centenas de milisegundos. La primera descarga es la que tiene mayor amplitud, mientras que las siguientes son de tiempos muy cortos, aunque la velocidad de las descargas se ha encontrado que depende del lugar geográfico. La primera descarga está entre 6 y 15×10^7 m/s y la segunda entre 11 y 13×10^7 m/s. [1]

Las descargas atmosféricas pueden causar grandes diferencias de potencial en sistemas eléctricos distribuidos fuera de edificios o de estructuras protegidas. A consecuencia de ello, pueden circular grandes corrientes en las canalizaciones metálicas, y entre conductores que conectan dos zonas aisladas. Pero, aún sin la descarga, una nube cargada electrostáticamente crea diferencias de potencial en la tierra directamente debajo de ella.

El campo eléctrico debajo de una nube de tormenta es generalmente considerado entre 10 y 30 kV/m. Es importante, comparar estos valores con el de 1.5 kV/m con el que las puntas empiezan a emitir iones. [2]

Una nube de tormenta promedio podría contener unos 140 MWh de energía con voltajes hasta de 100 MV, con una carga en movimiento intranube de unos 40 culombios. Esta energía es la que se disipa mediante los rayos, con corrientes pico que van de unos cuantos kiloamperios a unos 200 kA con un percentil (50) de 20 kA, maneja una



magnitud promedio de una descarga negativa de 31 kA, con una pendiente promedio máxima de 24.3 kV/ μ s. Y para las descargas que siguen a la primera, una magnitud menor aunque más rápidas, con un promedio de 39.9 kV/ μ s, y hasta 70 kV/ μ s ha sido registrado. [2]

Varios son los factores que hacen que los rayos caigan en un lugar en particular. Por ejemplo, la frecuencia de descargas en un lugar es proporcional al cuadrado de la altura sobre el terreno circundante. Lo que hace que inclusive las estructuras aisladas sean propensas, así como las puntas agudas incrementan la probabilidad de una descarga.

2.1.2. RAYOS

El rayo es una enorme corriente eléctrica que circula entre dos nubes o entre una nube y tierra. Generalmente la parte superior de la tormenta eléctrica (a 6 o 7 kilómetros de altura y a -20 C) tiene carga positiva y la inferior (a 3 o 4 kilómetros y entre 0 C y -10 C) negativa, excepto por una pequeña zona de la parte inferior que tiene carga positiva. La carga de la parte de abajo puede producir diferencias de potenciales de 20, 30 o 100 millones de volts entre la nube y la tierra, superando el potencial de ruptura del aire. Cuando se produce la ruptura, los rayos transportan estas cargas negativas a la tierra y la célula regenera lo perdido en cinco segundos aproximadamente. [1]

Una gota de agua cayendo en el campo eléctrico, tendrá un momento dipolar inducido (siendo positiva en la parte inferior de la gota y negativa en la superior). La gota repelerá iones positivos que se acerquen por la parte de abajo. Los iones positivos lentos tampoco se pueden adherir a la gota por la parte superior ya que la gota está cayendo con una velocidad mayor. En cambio, la gota atrae a los



iones lentos negativos, cargándose negativamente. Así los iones positivos quedan en la parte superior de la célula y los negativos abajo.

Cuando las cargas se separan, se forman campos eléctricos muy fuertes que pueden ionizar el aire alrededor, moviéndose las cargas y chocando con átomos a los que se les desprenden electrones generando más cargas y así sucesivamente. Por lo tanto, aunque se desconoce el origen de los rayos, se sabe aproximadamente cómo se comportan y se separan las cargas en una tormenta eléctrica.

Además de los rayos nube - tierra, otros tipos de rayos son: [1]

- **Rayos difusos:** se presentan como un resplandor que ilumina el cielo. Son reflejos en el cielo de una tempestad muy lejana, localizada bajo el horizonte, cuyas chispas no se ven y cuyos truenos no se escuchan.
- **Rayos laminares:** son aquellos resplandores que resultan de la descarga dentro de la nube, entre las cargas positivas y negativas.
- **Rayo esferoidal:** rayo de bola o rosario: se presenta en forma de una esfera luminosa, llegando a alcanzar el tamaño de una pelota de fútbol. En algunas ocasiones aparecen varios de ellos formando un rosario. A veces desaparecen escuchándose un estallido y otras veces lo hacen silenciosamente.

El rayo se forma si se tiene una nube con cargas negativas sobre una superficie llana su potencial es negativo en comparación con el de abajo y las cargas negativas serán aceleradas hacia la tierra. Primero, se produce una descarga llamada "guía escalonada" (no es brillante como el rayo) que baja a un sexto de la velocidad de la luz. Recorre



aproximadamente 50 metros, se detiene unos 50 microsegundos y sigue. Para y sigue sucesivamente, moviéndose en forma escalonada (puede parar hasta 10.000 veces). La columna está repleta de cargas negativas y el aire se vuelve más conductor al ser ionizado por estas cargas en movimiento. [1]

Cuando la guía escalonada está a unos 100 metros del suelo existe una descarga que sube desde la tierra a encontrarla. Al hacer contacto, se crea una conexión nube – tierra y las cargas de la nube pueden escaparse. [1]

El rayo que se ve es el rayo de retorno, que va desde el suelo a la nube (como se produce tan rápido uno cree que es al revés). El brillo del rayo es aproximadamente igual al que harían 100 millones de pequeñas lámparas juntas. [1]

2.1.3. NIVEL CERÁUNICO

EL nivel ceráunico se refiere al número de días de tormenta durante el transcurso de un año (tormenta-día/año) y un día de tormenta es un día en el que por lo menos se escucha un trueno. [3]

Al establecer la cantidad de días con presencia de tormentas al año no se establece la cantidad de rayos que caen durante la tormenta, sino más bien si existe o no presencia de descargas atmosféricas.

El nivel ceráunico se lo puede clasificar como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Clasificación del nivel cerámico. [3]

NIVEL CERÁUNICO (tormenta-día/año)	CLASIFICACIÓN
30 - 50	Bajo
50 - 70	Medio
70 - 100	Alto
Mayor a 100	Muy alto

Conociendo el nivel cerámico de la zona, se puede establecer un valor considerable de la resistencia de la PT, el cual va a depender de las estadísticas de descargas atmosféricas que se registran en la zona, en la figura 2.3 se muestra el mapa cerámico del Ecuador.

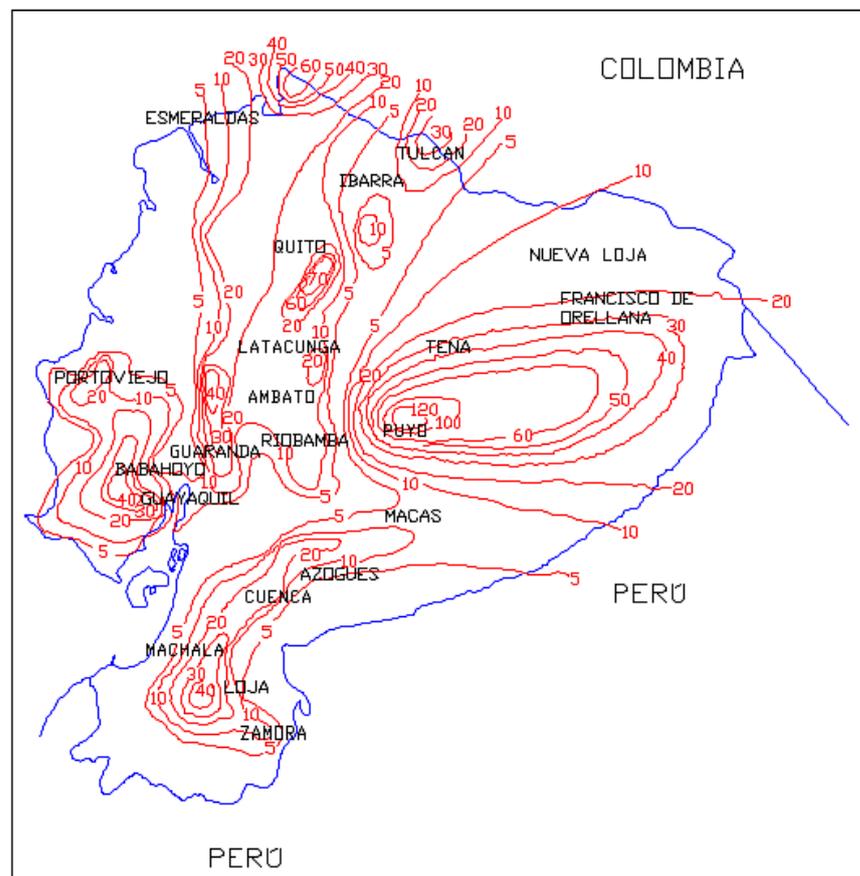


Figura 2.3. Mapa cerámico del Ecuador. [4]

La región Amazónica es la zona -según la fuente- donde se produce la mayoría de estos fenómenos con promedios de 5 a 18 rayos por cada 10 kilómetros cuadrados (km²), presentándose una mayor



intensidad en las áreas norte y sur de ese sector del país. El cantón Tiwintza (Morona Santiago) es, a su vez, el punto amazónico con un registro más alto de rayos: 18 rayos por cada 10 km². [5]

Si bien el nivel ceráunico indica la cantidad de días de tormenta durante un año, actualmente se utiliza dicho nivel, para poder calcular la densidad de descargas a tierra dada por la ecuación 2.1 que son las que afectan directamente a los SPAT.

$$N_g = 0.04 * T_d^{1.25} \quad (2.1). [6]$$

Donde:

N_g = Densidad de descargas (rayos-km²/año)

T_d = Nivel ceráunico (tormenta-día/año)

Una vez que se obtiene la densidad de descargas N_g se puede calcular la cantidad de descargas por cada 10 km durante el año N_s que está dada por la ecuación 2.2 en función de la altura del hilo de guarda h y la separación b .

$$N_s = N_g \left(\frac{28h^{0.6} + b}{10} \right) \quad (2.2). [6]$$

Donde:

N_s = Número de descargas (rayos-100km/año).

b = Distancia de separación de los hilos de guarda (m).

h = Altura del hilo de guarda (m).

2.2. HILO DE GUARDA

Dentro de las líneas de transmisión y subtransmisión se encuentra un elemento muy necesario que sirve para la protección de todo el

sistema de transmisión de energía de las descargas atmosféricas y se lo conoce como hilo de guarda.

El hilo de guarda protege a las líneas de transmisión y subtransmisión del contacto directo con las descargas atmosféricas.

Los hilos de guarda se colocan sobre las fases y van conectados directamente a una puesta a tierra, de esta forma se protege a las fases de una caída de un rayo directamente al conductor que la constituye.

Cuando un rayo cae directamente sobre alguna fase produce un sobre voltaje cuya magnitud depende de la potencia del rayo así como de la impedancia del sistema de hilo de guarda - puesta a tierra.

Si la tensión supera el nivel del aislamiento de las fases se produce la falla en el sistema producto de la descarga atmosférica.

Al momento que una descarga atmosférica cae en el hilo de guarda, esta corriente fluye en los 2 extremos del conductor mediante la impedancia de impulso hasta llegar al SPAT que se encuentra en el poste como se muestra en la figura 2.4.

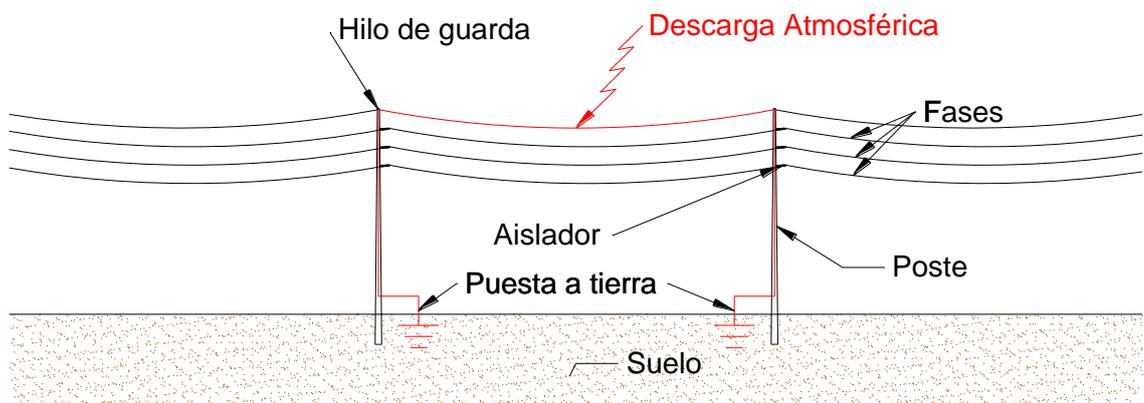


Figura 2.4. Descarga atmosférica en hilo de guarda. (fuente autores)

Si la descarga atmosférica se produce en la torre, ésta se disipa directamente a través del SPAT, como se muestra en la figura 2.5.

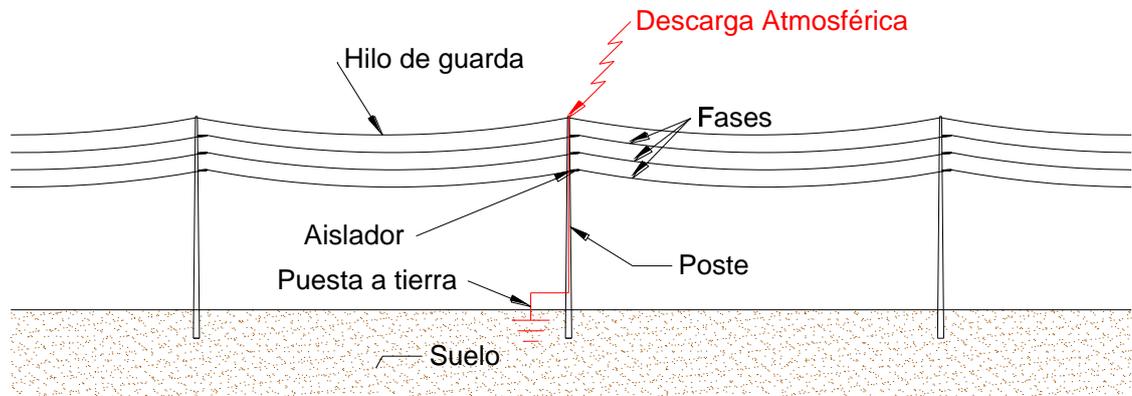


Figura 2.5. Descarga atmosférica en el poste. (fuente autores)

Cuando se genera una descarga atmosférica en el hilo de guarda, una parte de este potencial, se transmite hacia las fases, lo que se denomina factor de acople capacitivo entre fases e hilo de guarda.

2.2.1. ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO

El ángulo de apantallamiento es el ángulo de protección que brinda el hilo de guarda; en otras palabras, de la ubicación del hilo de guarda depende la protección de las líneas de subtransmisión.

Existen varios métodos para la colocación del hilo de guarda, cuyo principio es básicamente un análisis geométrico y su experiencia en la aplicación, más no un análisis teórico, cuyos métodos son: [3]

- Charles.
- Wagner y Mac Cann.
- Schwaiger.
- Langrehr.

Cabe mencionar que ninguno de los métodos propuestos es certero, ya que hasta la actualidad no se puede descifrar el comportamiento exacto de un rayo, por lo que no se puede asegurar que el apantallamiento va a proteger la red al 100% ante la descarga eléctrica.

Charles: [3]

Establece un ángulo $\theta=45^\circ$ con el eje Y; concluyendo que todos los elementos que se encuentren bajo este cono delimitado serán protegidos ante las descargas atmosféricas.

El criterio según Charles implica que no se necesite una estructura muy alta para la colocación del hilo de guarda, como se muestra en la figura 2.6.

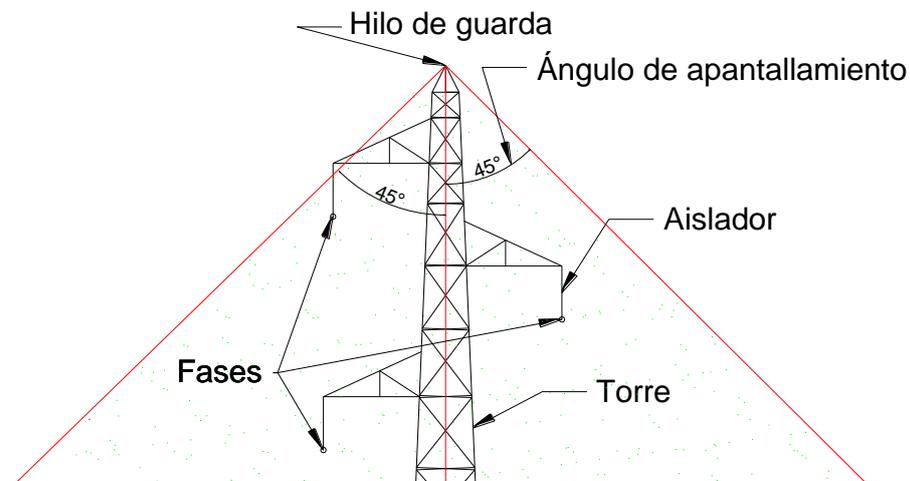


Figura 2.6. Método de Charles. (fuente autores)

Wagner y Mac Cann: [3]

Al igual que Charles, Wagner y Mac Cann establece un ángulo $\theta=30^\circ$ respecto al eje vertical, comprendiéndose que la protección que ejecuta el hilo de guarda está comprendida dentro del cono formado por el ángulo.

La utilización de éste método implica que el hilo de guarda debe colocarse a una altura mucho mayor, como se muestra en la figura 2.7.

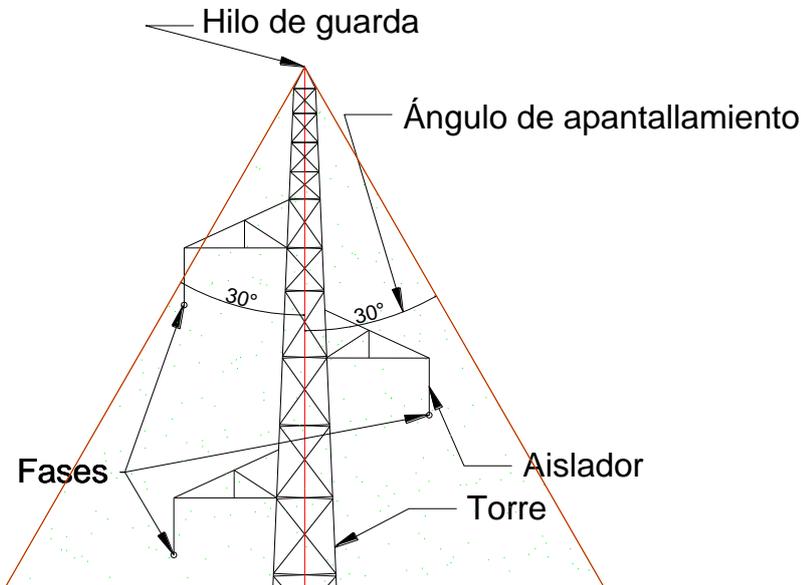


Figura 2.7. Método de Wagner y Mac Cann. (fuente autores)

Schwaiger: [3]

Se basa en el criterio de que cuando una descarga atmosférica se aproxima, alcanza una altura H medida desde el suelo, lo que puede definir la altura h y por ende se puede determinar la altura de colocación del hilo de guarda.

Schwaiger toma en cuenta la siguiente relación $H/h=1$; donde H es la altura de la punta del rayo y h la altura del hilo de guarda. Por lo que la zona de protección está dada por un cuadrante de radio h .

Para determinar la altura del hilo de guarda se aplica la ecuación 2.3.

$$(y_c - h)^2 + (x_c - h)^2 = h^2 \quad (2.3)$$

Donde: y_c = Altura de conductor de fase

h = Altura del cable de guarda

x_c = Distancia medida entre conductores de fase

Lo que da como resultado una altura bastante superior respecto a lo señalado por Charles, Wagner y Mac Cann, como se muestra en la figura 2.7.

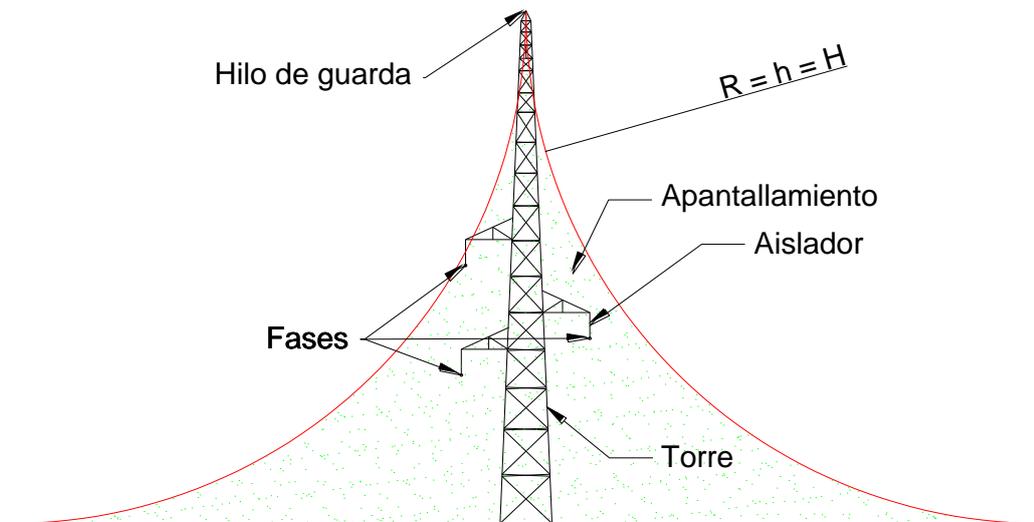


Figura 2.8. Método de Schwaiger. (fuente autores)

Langrehr: [3]

Al igual que Schwaiger, su criterio se basa en la relación entre la altura de la punta del rayo H y la altura del hilo de guarda h , pero con una relación 2 a 1 así: $H/h=2$; donde H es la altura de la punta del rayo y h la altura del hilo de guarda.

Por tanto la protección está dada por una circunferencia de radio $2h$ y su protección se deduce aplicando la ecuación 2.4.

$$(y_c - 2h)^2 + (x_c - \sqrt{3}h)^2 = (2h)^2 \quad (2.4)$$

Donde: y_c = Altura de conductor de fase

h = Altura del cable de guarda

x_c = Distancia medida entre conductores de fase

El método de Langrehr, se muestra en la figura 2.9.

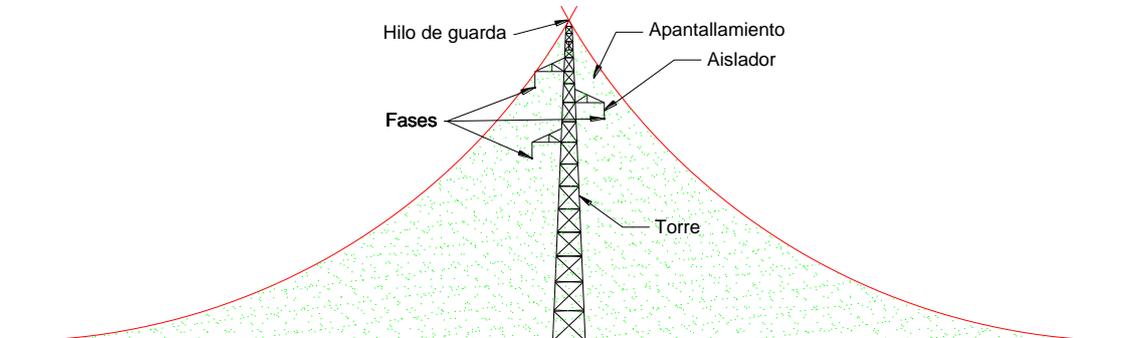


Figura 2.9. Método de Langrehr. (fuente autores)

2.3. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra está compuesto por el conductor, el conector y la varilla de tierra, cuya función principal es proteger a los equipos y redes eléctricas de un sobrevoltaje que puede ser producido por una descarga eléctrica o atmosférica. Rebota

Cuando la resistencia de la puesta a tierra es elevada, parte de la descarga atmosférica regresa, y el potencial de la torre se eleva; es decir, que cuando el rayo cae en la torre, la corriente baja por la estructura, pero al momento de empezar la descarga a tierra se encuentra que la resistencia de la PT es demasiado elevada, lo que ocasiona que el potencial de la torre aumente a tal punto que en el brazo de la torre, el potencial puede superar el aislamiento de la cadena y producirse el flameo en los aisladores que la constituyen, esto se conoce comúnmente como flameo inverso y el resultado es la falla en la línea. Además el campo magnético que la descarga atmosférica produce en las fases, contribuye a que se produzca el flameo inverso como se muestra en la figura 2.10, 2.11 y 2.12.

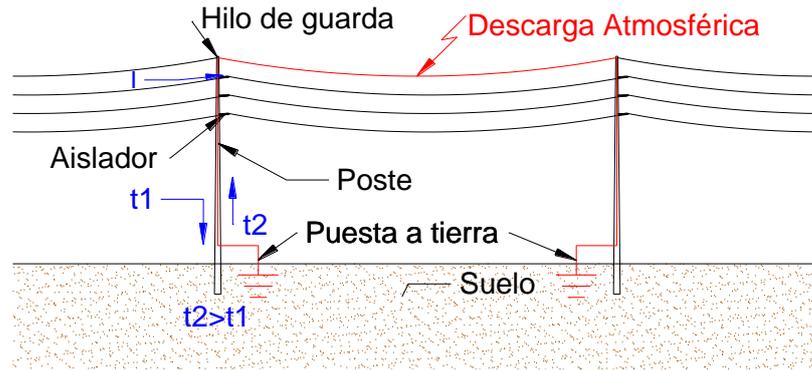


Figura 2.10. Flameo inverso. (fuente autores)

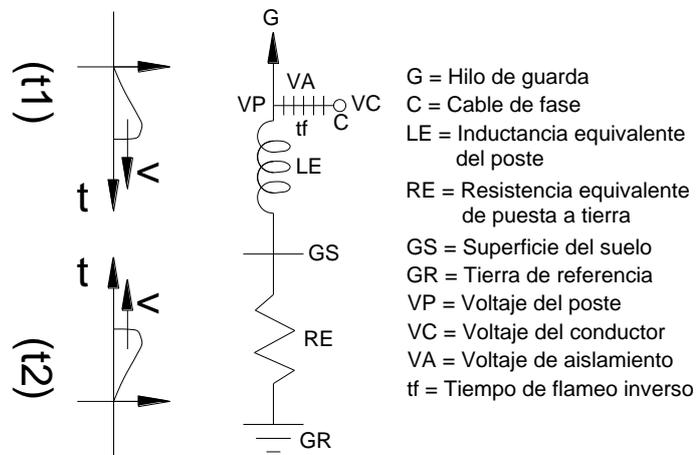


Figura 2.11. Circuito equivalente flameo inverso. (fuente autores)

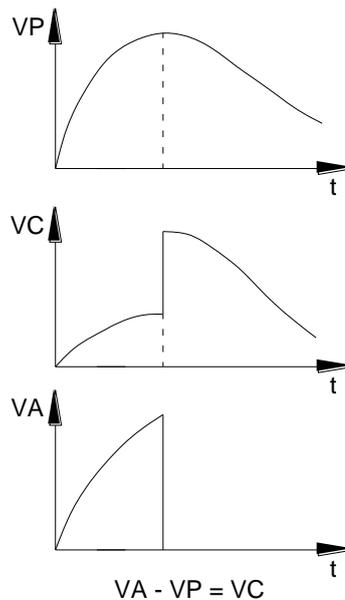


Figura 2.12. Curvas de comportamiento de voltaje. (fuente autores)



La resistencia de la puesta a tierra depende directamente de las características del suelo, es decir que si es un suelo húmedo, arcilloso que posee varios minerales que ayuden a la conductividad la resistencia de la PT es baja; por el contrario, si el suelo es seco, rocoso la resistencia de la PT es elevada.

Por tanto, cuando la línea de transmisión presenta salidas continuas del sistema con presencia de flameo en los aisladores, se puede considerar realizar una mejora del sistema de la puesta a tierra.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra con una varilla se utiliza la ecuación 2.5.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left[\left(\ln \frac{2l}{a} \right) - 1 \right] \quad (2.5)$$

Dónde:

R = Resistencia de la puesta a tierra (Ω).

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m).

l = Longitud de la varilla (m).

a = Radio de la varilla (m).

Mientras que para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra con 2 varillas se utiliza la ecuación 2.6.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{A} \right) \quad (2.6)$$

Dónde:

R = Resistencia de la puesta a tierra (Ω).

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m).



l = Longitud de la varilla (m).

A = Radio equivalente de las varillas (m).

El radio equivalente está dado por la ecuación 2.7.

$$A = \sqrt{aS} \quad (2.7)$$

Dónde:

a = Radio de la varilla (m).

S = Distancia entre varillas (m).

La utilización de cables de contrapeso es de práctica común y consiste en enterrar horizontalmente cables conductores pegados a las estructuras de las torres, la resistencia disminuirá con el aumento de la longitud y con aumento del diámetro del contrapeso enterrado (hasta cierto punto). [7]

Un cable de contrapeso tiene una impedancia inicial de impulso, dependiendo de las condiciones del suelo, normalmente de 150 a 200 ohmios. Con la propagación de la onda de corriente a través del contrapeso, esta impedancia de impulso es reducida a su resistencia de dispersión en un período de tiempo dependiendo de la longitud del cable y de la velocidad de propagación de impulso. [7]

La resistencia del contrapeso se calcula con la ecuación 2.8.

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \left[\left(\ln \frac{2l}{\sqrt{4ad}} \right) - 1 \right] \quad (2.8)$$

Dónde:

R = Resistencia de la puesta a tierra (Ω).

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m).

l = Longitud de la varilla (m).

a = Radio del conductor (m).

d = Profundidad a la que se enterró el contrapeso (m).

2.3.1. CONECTORES

Los diferentes conectores utilizados en los sistemas de puesta a tierra son:

Conectores de ajuste

Se encuentran dentro de los conectores más utilizados en los SPAT, los principales son el conector tipo perno partido, tipo perno y de tipo pestaña, que a continuación se describen:

- **De perno partido.-** El conector tipo perno partido, como su nombre mismo lo indica, está compuesto por un perno roscado, el cual posee una ranura que permite colocar los conductores a ser conectados y al ajustar la tuerca se consolida la unión de los conductores, como se muestra en la figura 2.13.



Figura 2.13. Conector tipo perno partido. [8]

- **De perno.-** Los cuales poseen un espacio delimitado por una capsula tipo argolla de acero, recubierta por una capa de bronce, la cual al montarse con la varilla copperweld y el cable de puesta a tierra permite a través de un perno la sujeción al momento de ajustarse contra la varilla, como se muestra en la figura 2.14.



Figura 2.14. Conector copperweld de perno. [9]

- **De pestaña.-** Tienen un espacio delimitado por una capsula tipo argolla de acero, recubierta por una capa de bronce, la cual al montarse con la varilla copperweld y el cable de puesta a tierra permite a través de un perno en cuya punta se encuentra anclado una pestaña de acero recubierta de bronce, la cual al momento de ajustar el perno esta va recorriendo hasta presionar la varilla contra el cable de puesta a tierra, como se aprecia en la figura 2.15.



Figura 2.15. Conector copperweld de pestaña. [10]

Conector Grapa Bulonada

Es un dispositivo de sujeción tipo mordaza, compuesto por un perno en forma de U, roscado en sus dos extremos, en cuyo interior se alojan 3 placas de aluminio que se unen con el conductor al momento de ir ajustando las tuercas del perno U, se lo puede ver en la figura 2.16.



Figura 2.16. Conector grapa bulonada. [11]

Conectores de compresión

Los conectores de compresión utilizados en los sistemas de puesta a tierra pueden ser tipo ojo, tipo C, tipo E y tipo G. Algunos de estos tipos conectores se detallan a continuación.

- **Tipo ojo.**- Los conectores tipo ojo, es un elemento que sirve para la conexión de un conductor a un perno de sujeción, está compuesto por una placa que posee una perforación en un extremo, mientras que en el otro se encuentra conformado un cilindro, que permite la penetración del conductor, y que al momento de ejercer sobre éste cilindro una presión de 12 toneladas, este se deforma aprisionando el conductor dentro del cilindro, quedando listo para su colocación mediante un perno de sujeción, como se muestra en la figura 2.17.



Figura 2.17. Conector tipo ojo. [12]

- **Tipo C.-** De fabricación de cobre, posee un espacio en donde cabe la varilla copperweld y el cable de puesta a tierra, y al momento de aplicar mediante una prensa portátil (machinadora) una fuerza de 12 toneladas se cierra dicho espacio aprisionando a la varilla y el cable dentro, como se muestra en la figura 2.18.



Figura 2.18. Conector de compresión tipo C. [13]

- **Tipo E.-** Poseen un espacio en donde cabe la varilla copperweld y el cable de puesta a tierra separados medianamente por el conector, y al momento de aplicar mediante una prensa portátil (machinadora) una fuerza de 12 toneladas se cierra dicho espacio aprisionando a la varilla y el cable dentro, como se muestra en la figura 2.19.



Figura 2.19. Conector de compresión tipo E. [13]

- **Tipo G.-** Al igual que el tipo C y tipo E, poseen un espacio en donde cabe la varilla copperweld y el cable de puesta a tierra, y al momento de aplicar mediante una prensa portátil (machinadora) una fuerza de 12 toneladas se cierra dicho espacio aprisionando a la varilla y el cable dentro, como se aprecia en la figura 2.20.



Figura 2.20. Conector de compresión tipo G. [14]

Conectores de golpe

El conector tipo golpe es maquinado al 100% con cobre de alta conductividad, aleado con cobre, posee una cavidad vertical cónica, por donde se introduce la varilla copperweld y una perforación horizontal donde cabe el cable del sistema de puesta a tierra; una vez acoplados los materiales, se procede a dar de golpes en la cabeza del conector, de esta manera se va ajustando el

conector conjuntamente con el cable y la varilla, como se muestra en la figura 2.21.



Figura 2.21. Conector de golpe. [12]

Suelda exotérmica

La suelda exotérmica es una mezcla química de estaño y cobre, que al momento de entrar en contacto con la flama se funde, logrando así la unión del conductor y la varilla, como se muestra en la figura 2.22.

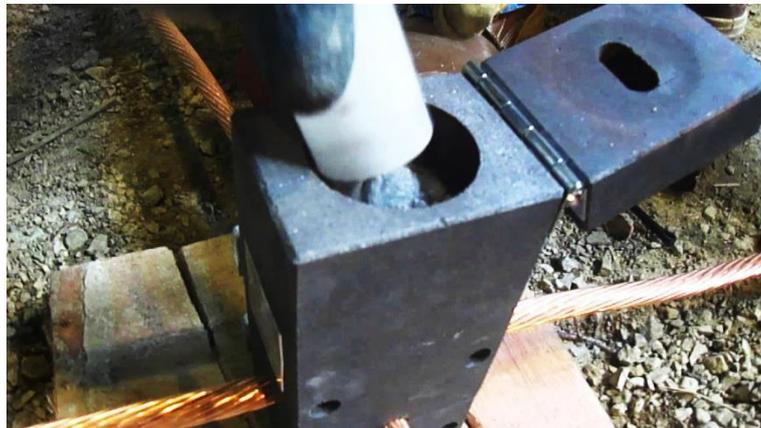


Figura 2.22. Suelda exotérmica. (fuente autores)

2.3.2. CONDUCTORES

Los conductores utilizados en los sistemas de puesta a tierra son de cobre, alumoweld y copperweld.

- **Cobre.-** El conductor de cobre es de 7 hilos trenzado concéntrico, cuyas normas de fabricación son la INEN 2214, ASTM B3 - B8. Una muestra de este conductor se presenta en la figura 2.23.



Figura 2.23. Cable de cobre desnudo. [15]

- **Alumoweld.-** Es una mezcla de acero de alta resistencia, recubierto por aluminio, la capa de recubrimiento de aluminio, depende del tipo de uso que se le vaya a dar al conductor, su configuración se muestra en la figura 2.24.

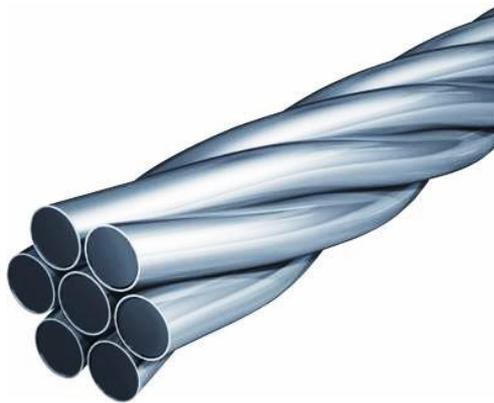


Figura 2.24. Cable Alumoweld. [16]

- **Copperweld.-** Es una mezcla de acero de alta resistencia, recubierto por cobre, fabricado bajo las normas IRAM 2281 - 2466 - 2467, ASTM B193 - B 258 - B 227 y B 228, con una capa de

recubrimiento del 8.6%, la figura 2.25 presenta este tipo de conductor.



Figura 2.25. Cable copperweld. [17]

2.3.3. ELECTRODO O VARILLA

- **Copperweld.**- Son varillas de acero cuyo propósito es la conexión del conductor con el suelo, por lo general están recubiertas de cobre, cuyas longitudes van desde 1.5 a 3 metros, y su diámetro de 5/8 a 3/4 de pulgada. Cuando el recubrimiento va de 0 a 253 micras se considera de *baja camada*, cuando el recubrimiento es igual o superior a las 254 micras se considera de *alta camada*, se muestra en la figura 2.26.



Figura 2.26. Varilla copperweld. [15]

2.4. SUELO

“El suelo es una colección de cuerpos naturales ocupando porciones de la superficie del planeta que soportan las plantas y que tiene



propiedades dependientes de efectos del clima y de la materia viviente que actúa sobre ella, que a su vez están condicionados por los periodos de tiempo”. [18]

Es decir el suelo es un sistema complejo conformado por propiedades físicas, químicas y biológicas que están en constante cambio, geográficamente. Por más cerca que se encuentren dos suelos, estos nunca son iguales.

Una de las principales **propiedades físicas** de los suelos es la permeabilidad, la cual permite la aireación del suelo y por ende su oxigenación. La arena por ejemplo produce aireación, lo que no sucede con los terrenos arcillosos. Todos estos factores hacen que los suelos se dividan en 3 grandes grupos, resumidos en la tabla 2.2:

- Arenas gruesas
- Cieno
- Arcillas

Tabla 2.2. Registro del diámetro de la partícula. [18]

4	1	1/4	1/16	1/64	1/256	1/1024
GUIJARROS	ARENA		LIMO		ARCILLA	
	Carbonatos detallados		-----			
	Quarzo		-----			
	Feldespatos		-----			
	Mica		-----			
	Minerales pesados		-----			
			-----		Arcillas	

Pese a esto, nunca se encuentra un suelo con el tamaño de partículas distribuido uniformemente, sino que están en forma gradual según la profundidad, como se aprecia en la figura 2.27.

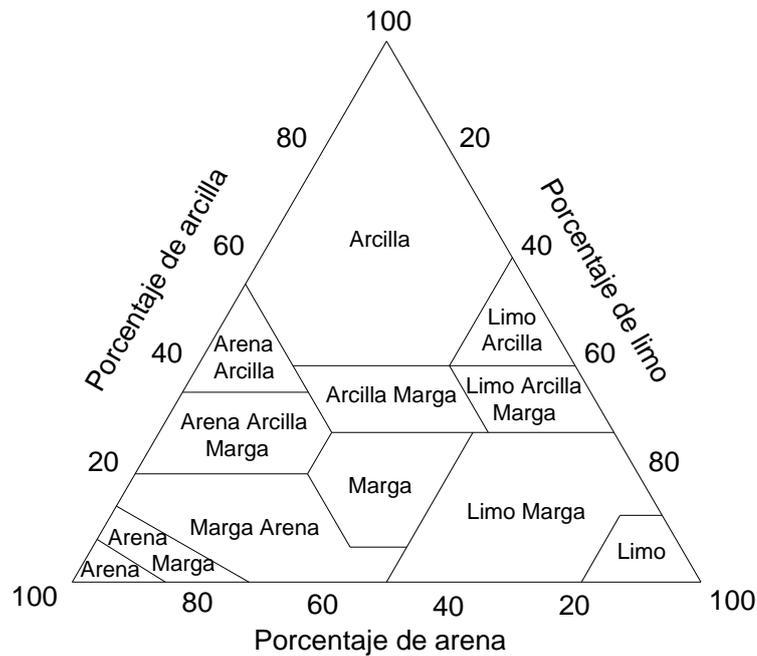


Figura 2.27. Distintos grupos de suelo. [18]

Dentro de las **propiedades químicas** se puede clasificar a los suelos en 2 grandes grupos:

- Composición química de los elementos solubles que se disuelven en agua
- Mineralogía y composición química del suelo

El primer grupo, junto con la humedad, está muy relacionado con la habilidad conductora del suelo, siendo este inversamente proporcional a su resistividad. [18]

Los suelos conductores y húmedos por lo general son los suelos más agresivos frente a los materiales enterrados y dependen de los componentes que poseen.

El segundo grupo se refiere a la composición del terreno en si, como un terreno arcilloso, con arena, carbonato y evaporitas; y se los puede



agrupar en regiones áridas, climas tropicales, zonas templadas y condiciones árticas.

2.4.1. CORROSIÓN Y CONDUCCIÓN

La reacción para que se produzca la corrosión es electroquímica, siempre que exista presencia de humedad por más mínima que ésta sea. Además la corrosión del metal es producto de la reacción anódica que se presenta.

Mientras que la reacción catódica es producida por presencia de oxígeno; además, cuando en el suelo existe gran cantidad de microorganismos que producen hidrógeno, puede también llegar a producir la reducción catódica.

La corrosión en materiales enterrados está dada por diferentes factores que la producen, estos son:

Aireación.- Es la cantidad de oxígeno y humedad que llega al metal, la cual combinada con los iones del metal forman óxidos, hidróxidos y sales, sobre la superficie del metal, los cuales al ser removidos, producen que el metal se corroa más rápido, pero al momento de estar presentes en el metal, es mejor dejarlos ahí, ya que ayudan a que la corrosión sea más rápida

Humedad.- La humedad por lo general se presenta en terrenos con porosidades que van ligados con las condiciones climáticas de la zona, en el momento que se presenta la humedad, ésta se aloja en forma de una fina capa de agua en todo el metal enterrado, lo que da lugar a la presencia del oxígeno, y por ende se produce la oxidación. Algunas propiedades de los grupos de arcilla mineral se presentan en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Propiedades de los principales grupos de arcilla mineral. [18]

Características	Caolín	Illita	Clarita	Montmorillonita
Ocurrencia	Común	Abundante	Común	Común
Clase estructural	2 Capas	3 Capas	3 Capas	3 Capas
Tamaño partícula (μ)	4.0-0.3	0.3-0.1	0.3-0.1	0.2-0.02
Permeabilidad	Alta	Moderada	Moderada	Pequeña
Absorción de agua	Leve	Moderada	Moderada	Muy alta
Área superficial (m ² /g)	5-20	100-200		700-800
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	7-12	18-24	25-30	90-100
Capacidad de intercambio aniónico (meq/100g)	7-20	4-17	5-20	20-30
Plasticidad	Leve	Moderada	Moderada	Alta

Por lo general se considera que los suelos cuya humedad supera el 20% producen una oxidación uniforme en el metal, mientras que los que tienen una humedad inferior a ésta la oxidación se presenta a manera de picaduras.

Resistividad del suelo.- Es la cantidad de electrolitos que posee el terreno y va de la mano con la conductividad, mientras más baja es la resistividad, el suelo posee más número de electrolitos, y por ende es más conductivo; pero así mismo es un suelo más agresivo con los metales enterrados en éste; los rangos de resistividad así como el impacto de la corrosión se pueden visualizar en la tabla 2.4 y figura 2.28.

Tabla 2.4. Resistividad VS Corrosividad. [18]

Rango de resistividad (Ω cm)	Corrosividad
0 - 1000	Muy severo
1001 - 2000	Severo
2001 - 5000	Moderado
5001 - 10000	Ligero
> 10000	Muy ligero

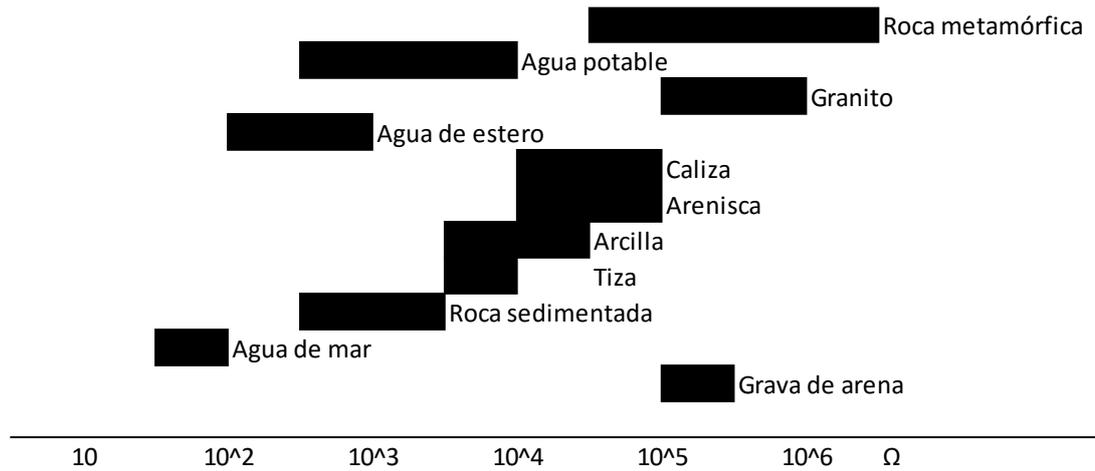


Figura 2.28. Resistividad típica de algunas aguas y suelos. [18]

Para la medición de la resistividad existen varios métodos que permiten obtener un valor, siendo los más utilizados por lo general los siguientes:

- **Método de Wenner.-** Consiste en enterrar en línea recta pequeños electrodos tipo varillas separados uniformemente una distancia a con una profundidad b , como se puede visualizar en el esquema de la figura 2.29. [19]

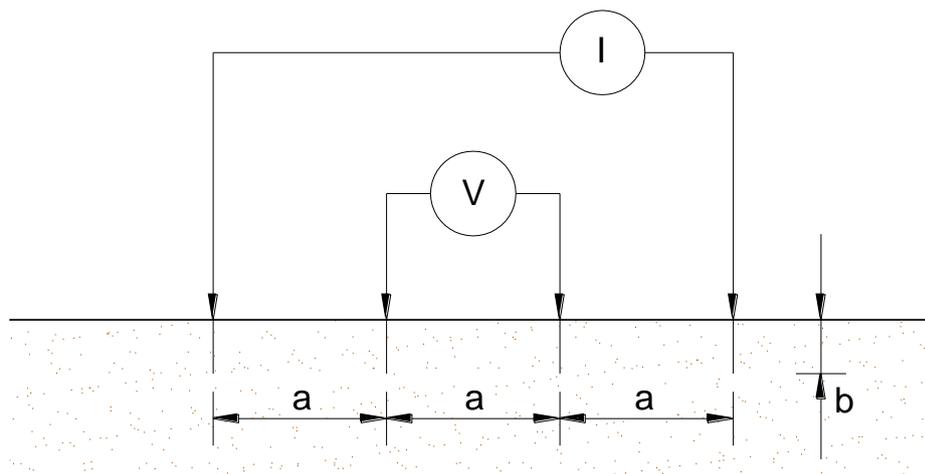


Figura 2.29. Método de Wenner. (fuente autores)

Se inyecta una corriente I en los electrodos externos y el voltaje V es medido en los electrodos internos. El equipo mide la



resistencia $R = V/I$, con lo que la resistividad aparente está dada por la ecuación 2.9.

$$\rho = \frac{4\pi Ra}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2+4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2+4b^2}}} \quad (2.9)$$

Dónde:

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m).

R = Resistencia de la puesta a tierra (Ω).

b = Longitud del electrodo (m).

a = Distancia entre electrodos (m).

Dado que la distancia a es mucho mayor que la profundidad b , ésta se desprecia, por lo que la fórmula se reduce a la ecuación 2.10.

$$\rho = 2\pi Ra \quad (2.10)$$

Dónde:

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m).

R = Resistencia de la puesta a tierra (Ω).

a = Distancia entre electrodos (m).

- **Método de Schlumberger-Palmer.-** Al igual que el método de Wenner, se colocan las varillas en el suelo en línea recta, de igual forma se aplica una corriente y se obtiene un voltaje; la diferencia radica en que los electrodos en donde se mide el voltaje están a una distancia diferente que en los electrodos

donde se aplica la corriente, como se muestra en la figura 2.30.

[19]

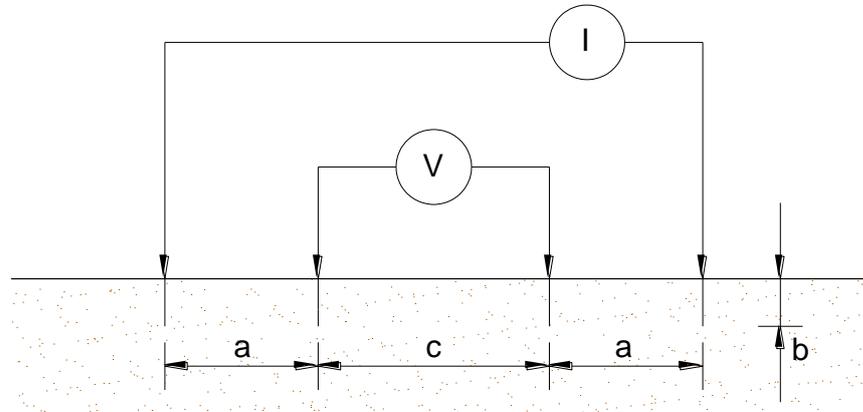


Figura 2.30. Método de Schlumberger-Palmer. (fuente autores)

A medida que se va obteniendo las mediciones, se va separando progresivamente los electrodos sobre un punto central permanente fijo que toma el nombre de punto máximo de exploración. Se calcula mediante la ecuación 2.11.

$$\rho = \frac{\pi a(a+c)R}{c} \quad (2.11)$$

Dónde:

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m).

R = Resistencia de la puesta a tierra (Ω).

a = Distancia entre electrodo de corriente y voltaje (m).

c = Distancia entre electrodos de voltaje (m).

Contenido de Iones.- La concentración de iones está muy ligada con la resistividad, y por ende con la conductividad, mientras más concentración de sales posee el terreno es más conductor y por ende

posee menos resistividad, pero de igual forma el suelo es más agresivo frente a los metales que estén en él, lo que se expone en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Efectos de cloruros, sulfatos y pH en la corrosión de tuberías. [18]

Concentración (ppm)	Grado de corrosividad
Cloruro	
> 5000	Severo
1500-5000	Considerable
500-1500	Corrosivo
< 500	Leve
Sulfato	
>10000	Severo
1500-10000	Considerable
150-1500	Corrosivo
< 150	Leve
pH	
< 5.5	Severo
5.5-6.5	Moderado
6.5-7.5	Neutral
9-7.5	Insignificante

pH.- Por lo general los suelos presentan un pH que va desde 3.5 hasta 10. Cuando existe presencia de material orgánico, minerales, dióxido de carbono y gas, se consideran suelos ácidos

En terrenos cuyo pH es menor a 4, se presenta la corrosión del acero y hierro; pero en terrenos de tipo alcalino, la corrosión se presenta cuando supera 9 de pH, todo esto siempre y cuando el material no posee ninguna protección catódica.

Potencial Redox.- Es el potencial de óxido-reducción ORP en los suelos, por lo general es generado por un metal inerte como el platino respecto a un metal referencial como el sulfato de cobre/cobre. El potencial óxido-reducción no indica la concentración del oxígeno que provoca la corrosión del metal, sino la capacidad oxidante/reductora del suelo, como se muestra en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Corrosividad del suelo respecto al potencial óxido-reductor. [18]



Rango de ORP (mV)	Grado de corrosión
< 100	Severo
100-200	Moderado
200-400	Leve
> 400	No corrosivo

Microorganismos.- El efecto en la corrosión principalmente está asociada a la presencia de bacterias sulfato-reductoras en terrenos que se conocen como tierras negras. Estas bacterias son las que producen reacciones químicas que producen la corrosión agresiva en metales enterrados.

Por lo general los suelos ácidos están asociados a tierras negras con un alto contenido de bacterias que descomponen la materia orgánica y producen destrucción en estructuras, tales como organismos productores de cieno, hongos y raíces.

Como se puede evidenciar la corrosión y la conductividad van de la mano, mientras el suelo presenta una menor resistividad, significa que contiene mayor cantidad de elementos químicos que lo hacen más conductivo eléctricamente hablando; pero así mismo al presentar menor resistividad y mayor conductividad significa que químicamente es más agresivo contra cualquier metal que se encuentre enterrado, ocasionando de ésta manera que se oxide más rápido.

2.5. LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN

Una línea de subtransmisión es el conjunto de materiales y elementos eléctricos que sirven para llevar la energía desde la estación de transmisión hasta la subestación de distribución, tomando siempre en cuenta los parámetros técnicos, ecológicos y sociales, enfocados siempre en mantener un sistema estable enmarcados dentro de la

eficiencia y eficacia de un sistema eléctrico de potencia. En la figura 2.31 se muestra una LST a 69 kV.



Figura 2.31. Línea de subtransmisión. (fuente autores)

En la figura 2.32 en cambio se presenta el esquema general del Sistema Nacional Interconectado SNI

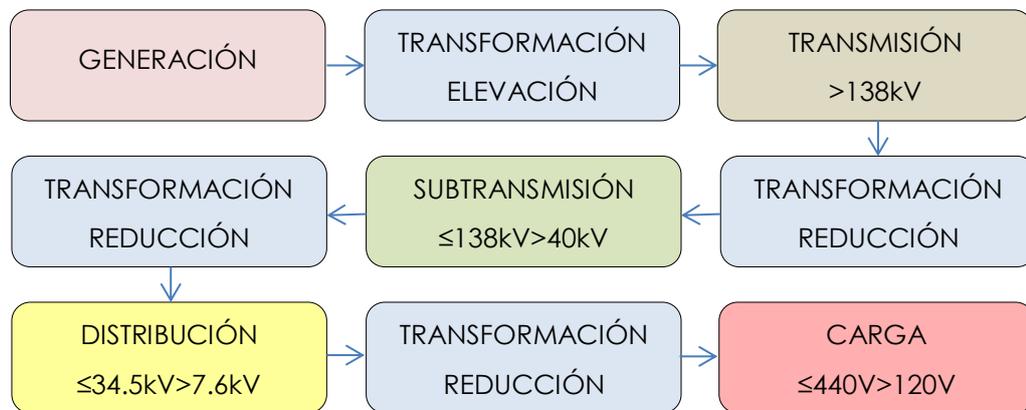


Figura 2.32. Esquema del SNI. (fuente autores)

El objetivo de elevar el voltaje de la generación es poder transportar la energía eléctrica mediante grandes potencias a grandes distancias, utilizando conductores de diámetros considerables que puedan ser manipulables hasta llegar a la carga.

En una (LST), desde el punto de vista de las descargas atmosféricas y sobre voltajes propios del sistema (sobre voltajes de maniobra y baja

frecuencia), se necesita tener presente: la distancia entre fases y neutro; el número de aisladores en cada cadena; el ángulo de apantallamiento y el SPAT en cada una de las estructuras que conforman la LST.

El voltaje de una línea de subtransmisión es de 69 kV, aunque algunas empresas distribuidoras de energía consideran también al nivel de voltaje de 138 kV como línea de subtransmisión.

La LST a 69 kV de la CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos es de 192 km de los cuales la LST Sacha – Orellana tiene una longitud de 30 km, que en conjunto con las redes de distribución conforman todo el sistema de distribución eléctrico. La figura 2.33 y el anexo 33, permiten apreciar el diagrama unifilar del sistema de distribución eléctrico.

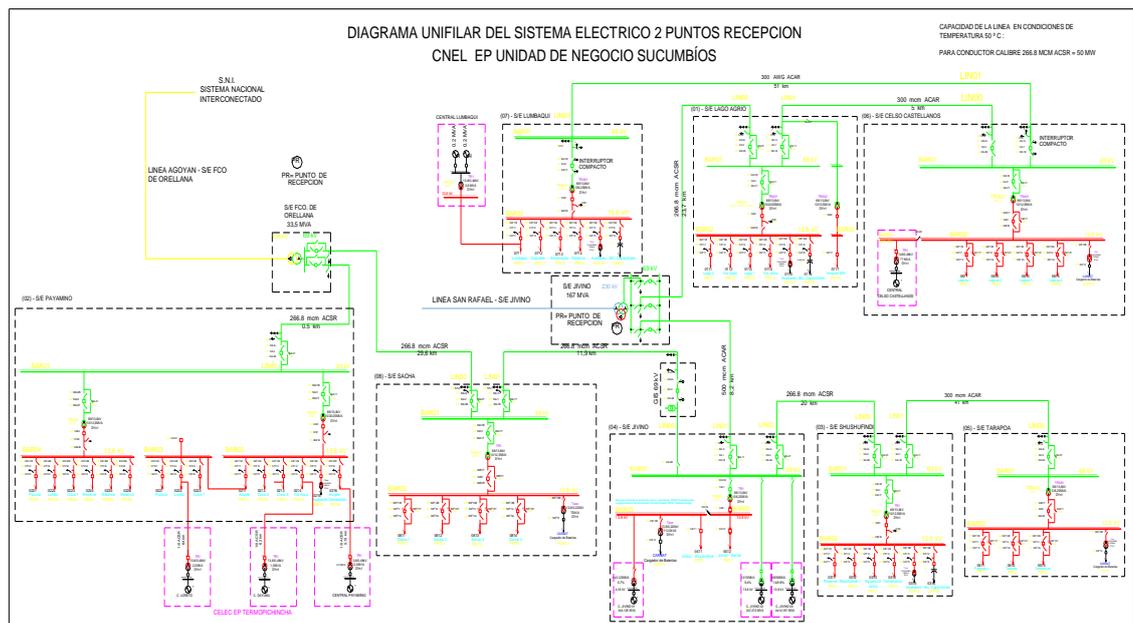


Figura 2.33. Diagrama unifilar CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos. (fuente CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos)

2.5.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS

Debido a las diferentes códigos de estructuras que las empresas distribuidoras del país manejaban para identificar los arreglos que sostienen a los conductores eléctricos en la redes eléctricas, se estableció por parte del MEER (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables) una codificación general para las estructuras que se maneje a nivel nacional en todas las empresas distribuidoras, es así, que el año 2013 entraron en vigencia las Unidades de Propiedad (UP).

Las UP establecen como se conforman las estructuras en LST dependiendo de su disposición, siendo las mismas las presentadas en las tablas 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10.

Tabla 2.7. Transformadores de potencia en líneas de subtransmisión. [20]

ÍTEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN LARGA DEL CÓDIGO
1	TPN-3C2/2,5	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 2/2,5 MVA
2	TPN-3C5/6,5	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 5/6,5 MVA
3	TPN-3C10/12,5	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 10/12,5 MVA
4	TPN-3C18/24	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 18/24 MVA
5	TPN-3C20/25	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 20/25 MVA
6	TPN-3C24/32	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 24/32 MVA
7	TPN-3C25/34	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 25/34 MVA
8	TPN-3C30/40	Transformador 46-69 kV 3F Tanque Compensador 30/40 MVA
9	TPN-3N2/2,5	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 2/2,5 MVA
10	TPN-3N5/6,5	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 5/6,5 MVA
11	TPN-3N10/12,5	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 10/12,5 MVA
12	TPN-3N18/24	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 18/24 MVA
13	TPN-3N20/25	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 20/25 MVA
14	TPN-3N24/32	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 24/32 MVA
15	TPN-3N25/34	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 25/34 MVA
16	TPN-3N30/40	Transformador 46-69 kV 3F Sellado con Colchón de Nitrógeno 30/40 MVA

Tabla 2.8. Torres en líneas de subtransmisión. [20]

ÍTEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN LARGA DEL CÓDIGO
1	TO0-0T24	Torres de subtransmisión torre de 24 m
2	TO0-0T25	Torres de subtransmisión torre de 25 m
3	TO0-0M18	Torres de subtransmisión monobloque de 18 m



Tabla 2.9. Estructuras en líneas de subtransmisión. [20]

ÍTEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN LARGA DEL CÓDIGO
1	ETN-3VA	Est.46-69 kV 3F Volado Angular
2	ETN-3VS	Est.46-69 kV 3F Volado Suspensión o Pasante
3	ETN-3SA5	Est.46-69 kV 3F Volado tipo S Angular 5°
4	ETN-3SS	Est.46-69 kV 3F Volado tipo S Suspensión o Pasante
5	ETN-3LS	Est.46-69 kV 3F Line Post Suspensión o Pasante
6	ETN-3HS	Est.46-69 kV 3F H en Dos Postes Suspensión o Pasante
7	ETN-3HD	Est.46-69 kV 3F H en Dos Postes Doble Retención
8	ETN-3HR	Est.46-69 kV 3F H en Dos Postes Retención
9	ETN-3BA30	Est.46-69 kV 3F Bandera Angular 30°
10	ETN-3BA60	Est.46-69 kV 3F Bandera Angular 60°
11	ETN-3BD	Est.46-69 kV 3F Bandera Doble Retención
12	ETN-3BD90	Est.46-69 kV 3F Bandera Doble Retención 90°
13	ETN-3BR	Est.46-69 kV 3F Bandera Retención
14	ETN-3IS	Est.46-69 kV 3F Line Post doble circuito Suspensión o Pasante
15	ETN-3NA30	Est.46-69 kV 3F Bandera doble circuito Angular 30°
16	ETN-3NA60	Est.46-69 kV 3F Bandera doble circuito Angular 60°
17	ETN-3ND90	Est.46-69 kV 3F Bandera doble circuito Doble retención 90°
18	ETN-3ND	Est.46-69 kV 3F Bandera doble circuito Doble retención
19	ETN-3PD	Est.46-69 kV 3F H en Dos Poste doble circuito Doble retención
20	ETN-3CS	Est.46-69 kV 3F Volado Doble circuito Suspensión o Pasante
21	ETN-3TA	Est.46-69 kV 3F Tres Postes Angular
22	ETN-3TS	Est.46-69 kV 3F Tres Postes Suspensión o Pasante
23	ETN-3TD	Est.46-69 kV 3F Tres Postes Doble Retención
24	ETN-3TR	Est.46-69 kV 3F Tres Postes Retención
25	ETN-3OA	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Angular
26	ETN-3OS	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Suspensión o Pasante
27	ETN-3OD	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Doble Retención
28	ETN-3OR	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Retención
29	ETN-3RA	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Doble Circuito Angular
30	ETN-3RS	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Doble Circuito Suspensión o Pasante
31	ETN-3RD	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Doble Circuito Retención
32	ETN-3RR	Est.46-69 kV 3F en Torre Metálica Doble Circuito Retención
33	ETE-1GS	Est.0 V 1 Vía Hilo de Guarda Suspensión o Pasante
34	ETE-1GR	Est.0 V 1 Vía Hilo de Guarda Retención Pasante
35	ETE-1GB	Est.0 V 1 Vía Hilo de Guarda Retención Bajante
36	ETE-1GA	Est.0 V 1 Vía Hilo de Guarda Amarre Final

**Tabla 2.10. Postes en líneas de subtransmisión. [20]**

ÍTEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN LARGA DEL CÓDIGO
1	PS0-0HR18_1600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 18 m carga de rotura 1600 kg
2	PS0-0HR18_1800	Poste Hormigón Armado Rectangular de 18 m carga de rotura 1800 kg
3	PS0-0HR19_1600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 19 m carga de rotura 1600 kg
4	PS0-0HR19_1800	Poste Hormigón Armado Rectangular de 19 m carga de rotura 1800 kg
5	PS0-0HR19_2000	Poste Hormigón Armado Rectangular de 19 m carga de rotura 2000 kg
6	PS0-0HR19_2400	Poste Hormigón Armado Rectangular de 19 m carga de rotura 2400 kg
7	PS0-0HR20_1600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 20 m carga de rotura 1600 kg
8	PS0-0HR20_1800	Poste Hormigón Armado Rectangular de 20 m carga de rotura 1800 kg
9	PS0-0HR20_2000	Poste Hormigón Armado Rectangular de 20 m carga de rotura 2000 kg
10	PS0-0HR20_2400	Poste Hormigón Armado Rectangular de 20 m carga de rotura 2400 kg
11	PS0-0HR21_1600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 1600 kg
12	PS0-0HR21_1800	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 1800 kg
13	PS0-0HR21_2000	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 2000 kg
14	PS0-0HR21_2400	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 2400 kg
15	PS0-0HR21_2500	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 2500 kg
16	PS0-0HR21_2800	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 2800 kg
17	PS0-0HR21_3000	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 3000 kg
18	PS0-0HR21_3500	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 3500 kg
19	PS0-0HR21_3600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 21 m carga de rotura 3600 kg
20	PS0-0HR22_1600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 1600 kg
21	PS0-0HR22_1800	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 1800 kg
22	PS0-0HR22_2000	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 2000 kg
23	PS0-0HR22_2400	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 2400 kg
24	PS0-0HR22_2500	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 2500 kg
25	PS0-0HR22_2800	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 2800 kg
26	PS0-0HR22_3000	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 3000 kg
27	PS0-0HR22_3500	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 3500 kg
28	PS0-0HR22_3600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 22 m carga de rotura 3600 kg
29	PS0-0HR23_2400	Poste Hormigón Armado Rectangular de 23 m carga de rotura 2400 kg
30	PS0-0HR23_3600	Poste Hormigón Armado Rectangular de 23 m carga de rotura 3600 kg
31	PS0-0MC18	Poste Metálico Circular de 18 m
32	PS0-0MC19	Poste Metálico Circular de 19 m

2.6. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

En el mercado se puede encontrar una infinidad de equipos y herramientas que son utilizados para medir, dar mantenimiento, detectar posibles fallas, etc.; en las redes eléctricas; pero los más utilizados se detallan a continuación:

2.6.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los equipos de protección personal (EPP), es un conjunto de componentes de seguridad personal, cuya finalidad principal es la protección integral del personal operativo cuando realiza las diferentes actividades relacionadas con su trabajo, además están construidas bajo normas como OSHA, NFPA, INEN y ANSI; y son verificadas de manera periódica mediante estándares internacionales normalizados. Los principales equipos dentro del área eléctrica se detallan a continuación:

Casco de seguridad dieléctrico.- Sirve principalmente para la protección de la cabeza, está construido externamente por un material de poliuretano dieléctrico duro, e internamente con un arnés acolchonado que crea un espacio permitiendo la flexibilidad y la resistencia para soportar impactos de objetos y aislado a diferentes niveles de voltaje según su aplicación; un caso de aplicación típico se muestra en la figura 2.34.



Figura 2.34. Casco de seguridad dieléctrico. (fuente autores)

Zapatos de seguridad dieléctricos.- Están compuestos principalmente de un material dieléctrico, que permite el aislamiento entre la suela y el pie, además en su punta posee una cápsula de fibra de vidrio aislada capaz de soportar impactos de objetos sin dañar los dedos del pie. La figura 2.35. presenta un ejemplo de este tipo de equipo.



Figura 2.35. Zapato de seguridad dieléctrico. (fuente autores)

Cinturón y arnés de seguridad.- Son dos elementos fundamentales cuando de trabajar en alturas se refiere, están fabricados en cuero y brindan al trabajador la seguridad de estar anclado al lugar de trabajo en altura, en la figura 2.36 se muestra el cinturón y la faja.



Figura 2.36. Cinturón y arnés de seguridad de electricista. [21]

Gafas de seguridad.- Están construidas de polímero, posee dos visores acrílicos con transparencias y protección UV (ultra violeta) acorde a la necesidad del trabajador; un modelo de gafas de seguridad se muestra en la figura 2.37.



Figura 2.37. Gafas de seguridad. [14]

Guantes de seguridad.- Son protecciones que se utilizan para las manos, los cuales están fabricados de un material aislante que por lo general es el cuero, el cual evita el contacto directo con los diferentes elementos; los guantes son fabricados según el tipo de trabajo a

realizar y dependiendo del nivel de voltaje, en la figura 3.38 se muestra el guante común que utilizan los electricistas.



Figura 2.38. Guantes de seguridad. [22]

Ropa de trabajo.- El poseer ropa de trabajo, significa tener una prenda de vestir que proteja al trabajador de los factores externos que puedan dañar su integridad (sol, frío, raspones, etc.), así como también brindarle la comodidad para manipular los diferentes equipos y herramientas, en la figura 2.39 se muestra la ropa de trabajo adecuada para los trabajos en redes eléctricas.



Figura 2.39. Ropa de trabajo. [14]

2.6.2. TELURÓMETRO

Es un instrumento de medición que sirve para medir la resistencia de la puesta a tierra, la resistividad del suelo y en algunos casos el voltaje de

corrientes parásitas presentes en el suelo, por lo general se basa en la norma IEC 62557-5. La figura 3.40 permite visualizar el telurómetro.



Figura 2.40. Telurómetro TENTECH EM-4056. [23]

2.6.3. LLAVE INGLESA

Es una herramienta que permite ajustar o aflojar pernos o tuercas con cabeza hexagonal. La llave inglesa posee la facilidad de ajustarse al tamaño de la cabeza del perno. La figura 2.41 se muestra la llave inglesa.



Figura 2.41. Llave inglesa. [24]

2.6.4. FLEXÓMETRO

Es un instrumento de medición que posee una cinta metálica flexible normalizada que se desliza hacia fuera al momento de recibir una tensión externa, y al momento de anular la tensión, ésta se enrolla en

su carrete interno gracias a un sistema de resortes. La figura 2.42 se muestra el flexómetro.



Figura 2.42. Flexómetro. [25]

2.6.5. PALA

Instrumento que sirve para excavaciones o traslado de material pétreo, por lo general es rectangular cóncava anclada a un mango de madera que facilita su utilización, en la figura 2.43 se muestra un ejemplo de una pala.



Figura 2.43. Pala. [26]

2.6.6. BARRA

Es una herramienta de mano forjada que posee en un extremo una punta y en el otro extremo una forma rectangular afilada en el borde

que permite que se abra camino al momento de que se ejerza una fuerza con ésta sobre un objeto o material; su peso varía dependiendo del trabajo que se necesite realizar, en la figura 2.44 se muestra la barra.



Figura 2.44. Barra de acero. [26]

2.6.7. MACHETE

Herramienta corto-punzante de aproximadamente 80 cm, diseñada para abrir paso entre la maleza mediante el corte manual, en la figura 2.45 se muestra el machete.



Figura 2.45. Machete. [26]

2.6.8. ALICATE

Instrumento que sirve para ajustar o aflojar tornillos de diferente tipo y medida, posee dos brazos cruzados y anclados por medio de un eje, como se puede visualizar en la figura 2.46.



Figura 2.46. Alicata de electricista. [26]

2.6.9. MACHINADORA

Es una herramienta hidráulica que sirve para acoplar los conectores de compresión de diferentes tipos y tamaños, mediante la aplicación de una fuerza; existen en el mercado machinadoras que superan las 20 toneladas de compresión, en la figura 2.47 se puede visualizar la machinadora tipo.



Figura 2.47. Machinadora hidráulica. [27]

2.6.10. MACHUELO

Son piezas de metal, acero u otros materiales de varias medidas, que sirve para crear hilos internos que albergan algún tornillo o perno, los machuelos más comunes se pueden visualizar en la figura 2.48.



Figura 2.48. *Machinadora hidráulica.* [28]

2.7. MANTENIMIENTO.

Se conoce como mantenimiento, a todas las actividades realizadas antes, durante y después en un sistema, proceso, equipo, herramienta, etc., para mantener el correcto funcionamiento evitando al máximo un paro imprevisto que al final repercuten en grandes pérdidas económicas y la mayoría de las veces ponen en riesgo el personal que trabaja en éstas áreas.

Existen varios tipos de mantenimientos, pero entre los principales tenemos el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

2.7.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Se lo realiza para principalmente evitar fallas inesperadas en los equipos, a menudo el mantenimiento preventivo va acompañado de una programación que siempre está en función del tiempo y de la confiabilidad de los equipos.

A pesar de que el mantenimiento preventivo conlleva a paros periódicos en las diferentes industrias, que muchas de las veces implica gastos, a futuro dichos gastos se convierten en inversiones a corto, mediano y largo plazo al evitar un paro inesperado de la producción por alguna falla inesperada registrada.



2.7.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Está enfocado en predecir las posibles fallas que pueden presentarse en un sistema, equipo, herramienta, etc., mediante la utilización de instrumentos adecuados que miden el comportamiento de estos a través del tiempo a partir de su instalación.

El mantenimiento predictivo, como su nombre lo indica, predice las posibles fallas que pueden presentarse en un equipo a través de registros periódicos o basados en normativas vigentes que indiquen una posible avería en los equipos y herramientas.

2.7.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Como su nombre lo dice, el mantenimiento correctivo está enfocado a corregir de manera inmediata algún tipo de avería inesperada en los diferentes sistemas, equipos, herramientas, etc.; si bien el mantenimiento preventivo y correctivo evitan en gran porcentaje que se produzcan fallas intempestivas en los equipos, esto no garantiza que nunca van a ocurrir.

Es aquí donde el mantenimiento correctivo actúa minimizando al máximo el tiempo de paro de los equipos producto de anomalías registradas.

2.8. NORMATIVA DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN A 69KV.

Dentro de la construcción de líneas de subtransmisión la normativa no ha sido mejorada, ni reemplazada por otra, lo que sigue estando vigente hasta la actualidad es la normativa creada por el ex INECEL (Instituto Ecuatoriano de Electrificación) con el apoyo de la



Asociación Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional editada en el año de 1985.

Ángulo de apantallamiento

Según lo establecido en las NORMAS del ex INECEL, el ángulo de apantallamiento para todos los tipos de estructuras sean estas en suspensión, retenidas o angulares, debe ser máximo de 30°. [29]

Resistencia de la puesta a tierra

La resistencia de la puesta a tierra no se encuentra establecida dentro de las normas de ex INECEL, pero según los datos recabados de las normas IEC 603644442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050, IEEE STD 81-1983 y NTC 4552; para las LST a 69 kV la resistencia de puesta a tierra es de máximo 20Ω. [29]

CAPÍTULO III: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.1. EQUIPOS UTILIZADOS

Para el levantamiento de información en el campo, se utilizaron varios equipos que permiten obtener un diagnóstico exacto de los sistemas de puesta a tierra instalados; estos equipos y herramientas son:

TELURÓMETRO:

Marca:	TENTECH
Modelo:	EM-4056
Serie:	16G2201
Fecha de Calibración:	20/07/2016
Emisor del certificado:	TENTECH

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Telurómetro TENTECH EM-4056. [23] (parte I)

CARACTERÍSTICA	DETALLE
Frecuencia de operación	270 Hz \pm 1Hz, 570Hz \pm 1Hz, 870Hz \pm 1Hz, 1170 Hz \pm 1 Hz o 1470 Hz \pm 1 Hz
Voltímetro	Si
Rango resistencia	0-20 Ω ; 0-200 Ω ; 0-2000 Ω y 0-20 k Ω (auto-rango).
Rango resistividad	0 - 50 k Ω m (auto-rango)
Rango voltaje	0-60 V~
Exactitud resistencia	$R \leq 2 \text{ k}\Omega$: \pm (2% del valor medido \pm 2 dígitos)
Exactitud resistividad	$R > 2 \text{ k}\Omega$: \pm (5% del valor medido \pm 2 dígitos)
Exactitud voltaje	\pm (3% del valor medido \pm 2 dígitos)
Resolución resistencia	0,01 Ω en la medición
Resolución resistividad	0,01 Ω en la medición
Resolución voltaje	0,1 V~ en la medición

Tabla 3.1. Telurómetro TENTECH EM-4056. [23] (parte II)



CARACTERÍSTICA	DETALLE
Corriente de salida	La corriente de cortocircuito está limitada a 20mA. (IEC 61557-5 punto 4.5)
Inmunidad respecto a la interferencia de tensiones espurias	En la medición de R admite la presencia de tensiones espurias provocadas por corrientes parásitas con error inferior a 10% para tensiones inferiores a 7 V~ para $0 < R < 20 \text{ k}\Omega$
Resistencias de tierra de las jabalinas auxiliares	En la medición de R admite $R_{aux} = 100R$ hasta $R_{aux} \leq 50 \text{ k}\Omega$ con error $< 30\%$.
Verificación del estado de la batería	Permite comprobar el estado de carga de la batería.
Funciones avanzadas	Detecta automáticamente anomalías que impiden efectuar la medición con errores tolerables (alto ruido de interferencia, resistencias de electrodos auxiliares muy altas, etc.).
Cálculo de resistividad del terreno	Durante la medición de Resistividad, permite que el operador pueda introducir la distancia entre las jabalinas auxiliares al EM-4055 para mostrar en el display directamente el valor de Resistividad expresado en $[\Omega\text{m}]$.
Salida de datos	USB.
Impresora incorporada (opcional)	Permite imprimir los resultados para ser registrados como documento.
Alimentación	A través de batería recargable interna, sellada de 12 V - 2,3 Ah.
Cargador de batería	Para redes de 100-240 V~.
Seguridad	De acuerdo con IEC 61010-1.
Compatibilidad electromagnética (E.M.C.)	De acuerdo con IEC 61326-1.
Inmunidad electrostática	De acuerdo con IEC 61000-4-2.
Inmunidad a la irradiación electromagnética	De acuerdo con IEC 61000-4-3.
Clase de protección ambiental	IP54 con gabinete cerrado.
Temperatura de operación	-10°C a 50°C.
Temperatura de almacenamiento	-25°C a 65°C.
Humedad relativa ambiente	95% de HR (sin condensación).
Peso del equipo	Aprox. 3,6 kg (sin impresora).
Dimensión	274 x 250 x 124 mm.
Accesorios incluidos	· 4 jabalinas de acero cobreado.
	· Cable de alimentación del cargador interno de batería.
	· Cable USB.
	· Carrete con cable de 40 m.
	· Carrete con cable de 20 m.
	· Carrete con cable de 20 m.
	· Cable corto de 5 m.
	· Cable corto de 5 m para conexión al electrodo incógnita.
	· Manual de uso.
	· Bolsa para transporte.

HERRAMIENTAS MENORES

Las herramientas menores utilizadas en la toma de datos en el campo, se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Herramientas menores. (fuente autores)

HERRAMIENTA	CARACTERÍSTICA
Llaves	De acero, de 24 mm tipo corona
	De acero, de 0 - 34 mm tipo pico de loro
Flexómetro	0 - 5 m, metálico flexible, autoenrollable
Pala	Redonda, de acero, de 45 cm con mango
Barra	De acero de 18 pulgadas 5 kg
Machete	De acero de 24 pulgadas, 80 cm
Alicates	De acero, 8 pulgadas, aislado 600 V

3.2. RECOPIACIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Se recopilan los datos respecto de la resistencia de la puesta a tierra, y ángulo de apantallamiento de la LST Sacha – Orellana; así como las precipitaciones registradas en la zona donde se encuentra la línea de subtransmisión y las fallas registradas por el centro de control de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos.

RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

Para el registro de la resistencia de la PT de la LST Sacha – Orellana, se utilizó el telurómetro, el procedimiento para la medición, en resumen, fue la desconexión del conductor de la PT en la parte inferior del poste, se colocaron los electrodos en el suelo y se procedió a la toma de los datos registrando los valores en la pantalla del telurómetro. La tabla 3.3. presenta los datos almacenados de las mediciones de puesta a tierra en el equipo.



Datos Generales:

Tipo:	Línea aérea
Tipología:	3 X 300 MCM ASCR
Voltaje:	69 kV
Empresa:	CNEL EP UN Sucumbíos
Método:	WENNER
Presión atmosférica:	735 mm de Hg



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte I)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
150A	25	12/01/2018	9:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3BD90	BASE ENTERRADA
151	25	12/01/2018	9:45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	BASE ENTERRADA
152	25	12/01/2018	10:20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	BASE ENTERRADA
153	25	12/01/2018	10:50	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	BASE ENTERRADA
154	25	12/01/2018	11:13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	BASE ENTERRADA
155	25	12/01/2018	11:37	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	BASE ENTERRADA
156	25	08/01/2018	10:43	12.74	12.66	12.63	12.6	12.59	12.644	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
157	27	13/01/2018	10:30	15.28	15.04	14.95	14.9	14.85	15.004	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
158	21	09/01/2018	11:45	820	793	779	769	784	789	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
159	24	09/01/2018	12:30	13.25	13.28	13.31	13.4	13.46	13.34	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
160	24	09/01/2018	13:10	365	358	354	353	350	356	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
161	24	09/01/2018	13:32	375	363	357	352	348	359	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
162	25	25/01/2018	15:25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
163	24	25/01/2018	15:02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
164	25	25/01/2018	10:00	167.3	164.2	162.6	161.5	165.3	164.18	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
165	25	25/01/2018	10:14	196.9	193.1	191.2	189.9	188.3	191.88	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
166	26	25/01/2018	13:41	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
167	26	25/01/2018	13:18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
168	25	25/01/2018	11:46	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OS	SPAT INTERNO
169	26	25/01/2018	14:40	109.9	107.9	107	106.3	105.7	107.36	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
170	25	25/01/2018	13:00	113.7	111	111.8	109	108.2	110.74	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte II)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
171	26	25/01/2018	14:10	194.3	189.9	187.9	186.2	185.1	188.68	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
172	26	25/01/2018	11:17							TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
173	26	25/01/2018	10:57	146.7	146.1	144.8	144	143	144.92	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
174	26	13/01/2018	13:45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OS	SPAT INTERNO
175	25	13/01/2018	13:58	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
176	24	13/01/2018	10:40	265	257	252	242	246	252.4	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
177	24	13/01/2018	14:17	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
178	24	13/01/2018	11:20	22.2	21.9	21.8	21.7	21.7	21.86	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
179	24	13/01/2018	11:45	22.9	22.7	22.5	22.4	22.3	22.56	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
180	24	13/01/2018	12:00	37.1	36.7	36.5	36.4	36.2	36.58	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
181	24	16/01/2018	14:20	13.07	13.45	13.79	14.09	14.38	13.756	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
182	27	14/01/2018	15:40	191.7	183.3	178.9	175.5	172.9	180.46	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
183	24	16/01/2018	13:40	34.7	34.4	34.3	34.2	34.1	34.34	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
184	24	16/01/2018	14:30	55.3	55.4	55.1	54.8	54.5	55.02	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
185	24	16/01/2018	14:58	101	99.4	98.7	98	97.3	98.88	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
186	27	14/01/2018	15:55	24.1	24	23.8	23.8	23.8	23.9	H	ETN-3HS	SPAT CON ALUMOWELD
187	27	14/01/2018	16:02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
188	27	14/01/2018	16:12	20.6	20.5	20.7	20.9	21.2	20.78	H	ETN-3HS	SPAT CON ALUMOWELD
189	26	14/01/2018	16:43	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OS	SPAT INTERNO
190	23	16/01/2018	15:20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	H	ETN-3HS	SPAT CORTADO
191	25	16/02/2018	11:45	271	266	263	261	259	264	H	ETN-3HD	SPAT CON ALUMOWELD



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte III)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
192	24	16/02/2018	10:45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
193	25	16/02/2018	12:05	274	268	265	263	261	266.2	H	ETN-3HD	SPAT CON ALUMOWELD
194	25	16/02/2018	12:00	243	238	235	233	231	236	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
195	25	16/02/2018	12:15	261	254	251	249	249	252.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
196	24	16/02/2018	10:23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OS	SPAT INTERNO
197	24	16/02/2018	10:11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
198	21	16/01/2018	14:15	182.5	178.8	176.9	175.6	174.2	177.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
199	21	17/01/2018	14:35	248	232	232	230	231	234.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
200	26	15/02/2018	9:56	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
201	25	15/02/2018	11:30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
202	21	19/01/2018	11:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO REGISTRA MEDIDA
203	21	09/01/2018	14:12	143.2	135	134	133	132	135.44	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
204	25	19/01/2018	14:20	15.59	15.49	15.46	15.45	15.45	15.488	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
205	25	22/01/2018	10:10	164.2	160.7	159	157.9	156.7	159.7	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
206	21	22/01/2018	10:45	186.8	185.6	184	182.8	181.6	184.16	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
207	21	22/01/2018	11:00	13.08	13.03	13.01	13.02	13.03	13.034	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
208	30	19/02/2018	16:04	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
209	21	22/01/2018	11:20	20.6	20.4	20.3	20.2	20.2	20.34	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
210	21	22/01/2018	13:20	107.2	101.1	98.4	96.6	95	99.66	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
211	21	22/01/2018	13:39	10.34	10.35	10.33	10.32	10.31	10.33	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
212	30	19/02/2018	15:45	501	489	482	477	472	484.2	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte IV)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
213	21	22/01/2018	14:00	9.71	9.41	9.27	9.19	9.14	9.344	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
214	22	22/01/2018	14:30	140.2	136.2	134.2	132.7	131.2	134.9	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
215	25	23/01/2018	13:00	25.6	25.3	25.1	24.9	24.9	25.16	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
216	25	23/01/2018	13:29	17.3	17.16	17.08	17.02	16.99	17.11	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
217	26	15/02/2018	10:49	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	BASE ENTERRADA
218	25	23/01/2018	13:50	17.91	17.75	17.66	17.61	17.57	17.7	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
219	24	23/01/2018	14:12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
220	26	23/01/2018	14:35	123	121.3	120.6	119.7	119.1	120.74	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
221	25	23/01/2018	14:56	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
222	25	23/01/2018	12:29	71.3	63.3	63.6	61.6	60	63.96	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
223	27	23/01/2018	15:12	30.8	30.3	30	29.8	29.7	30.12	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
224	24	24/01/2018	13:15	62.6	61.9	61.7	61.5	61.3	61.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
225	25	24/01/2018	13:35	12.45	12.4	12.38	12.37	12.36	12.392	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
226	25	24/01/2018	14:00	37	36.6	36.4	36.3	36.2	36.5	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
227	30	19/02/2018	15:20	542	528	522	516	510	523.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
228	30	19/02/2018	15:30	632	616	608	603	597	611.2	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
229	30	19/02/2018	15:00	580	570	573	558	552	566.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
230	24	24/01/2018	14:26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
231	25	24/01/2018	14:50	13.1	12.98	12.93	12.91	12.91	12.966	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
232	27	29/01/2018	14:50	28.3	28	27.9	27.9	27.9	28	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
233	27	29/01/2018	15:29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte V)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
234	27	29/01/2018	15:58	103	99.3	98.9	98.6	98.3	99.62	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
235	26	14/02/2018	10:24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
236	27	14/02/2018	10:47	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
237	26	14/02/2018	11:10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
238	26	14/02/2018	9:45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT CORTADO
239	25	14/02/2018	9:10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO TIENE SPAT
240	30	02/02/2018	13:40	38.7	38.4	38.3	38.2	38.3	38.38	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
241	25	16/02/2018	14:57	28.1	27.8	27.7	27.6	27.5	27.74	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
242	25	16/02/2018	13:10	30.3	29.9	29.8	29.7	29.6	29.86	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
243	30	02/02/2018	14:00	421	414	413	410	408	413.2	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
244	29	02/02/2018	14:25	180.8	177.9	176.4	175.3	174.2	176.92	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
245	25	14/02/2018	9:22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
246	29	02/02/2018	14:47	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
247	30	02/02/2018	15:10	388	379	375	372	369	376.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
248	29	02/02/2018	15:23	1750	1701	1668	1643	1647	1681.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
249	29	02/02/2018	15:30	455	448	444	441	452	448	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
250	30	02/02/2018	15:50	340	383	380	377	374	370.8	H	ETN-3HS	SPAT CON ALUMOWELD
251	30	02/02/2018	16:03	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
252	24	16/02/2018	9:40	500	493	491	489	455	485.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
253	29	08/02/2018	14:15	470	458	452	448	443	454.2	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
254	25	16/02/2018	14:30	535	522	516	512	507	518.4	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte VI)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
255	25	06/02/2018	15:20	4.07	3.96	3.9	3.88	3.84	3.93	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
256	26	06/02/2018	11:01	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
257	26	05/02/2018	13:30	118.8	117.3	116.6	116.1	115.5	116.86	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
258	26	05/02/2018	14:00	662	605	577	557	540	588.2	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
259	27	05/02/2018	14:30	9.1	9.13	9.16	9.14	9.14	9.134	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
260	27	05/02/2018	14:58	141.7	139.4	138.2	137.3	135	138.32	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
261	24	16/02/2018	13:30	449	436	433	428	423	433.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
262	26	06/02/2018	11:23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO REGISTRA MEDIDA
263	25	06/02/2018	11:45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO REGISTRA MEDIDA
264	25	06/02/2018	13:00	490	480	476	473	469	477.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
265	25	06/02/2018	13:20	440	431	426	423	419	427.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
266	25	06/02/2018	13:35	16.53	15.99	15.69	15.47	14.43	15.622	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
267	25	06/02/2018	13:50	9.16	8.91	8.79	8.73	8.59	8.836	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
268	27	06/02/2018	14:50	4.25	4.19	4.16	4.13	4.11	4.168	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
269	24	16/02/2018	14:03	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
270	24	16/02/2018	15:13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
271	25	16/02/2018	13:30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
272	25	16/02/2018	15:31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
273	30	07/02/2018	13:00	31.5	31.2	31.2	31.1	31	31.2	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
274	29	07/02/2018	13:16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO REGISTRA MEDIDA
275	25	15/02/2018	11:50	68.5	67.7	67.5	67.4	67.1	67.64	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte VII)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
276	29	07/02/2018	13:47	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO REGISTRA MEDIDA
277	25	16/02/2018	13:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
278	30	07/02/2018	14:04	33.3	32.9	32.8	32.7	32.6	32.86	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
279	30	07/02/2018	15:10	32.7	32.2	32.1	32	31.8	32.16	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
280	29	07/02/2018	15:25	35.3	34.8	34.7	34.5	34.4	34.74	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
281	25	16/02/2018	14:14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
282	25	14/02/2018	11:30	21	20.7	20.5	20.4	20.4	20.6	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
283	25	14/02/2018	13:40	15.06	14.91	14.83	14.77	14.73	14.86	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
284	25	16/02/2018	15:47	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
285	25	16/02/2018	13:40	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT HURTADO
286	25	14/02/2018	14:25	14.95	14.86	14.83	14.67	14.63	14.788	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
287	25	14/02/2018	14:57	15.23	15.09	15.01	14.96	14.92	15.042	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
288	25	14/02/2018	15:30	234	224	218	214	211	220.2	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
289	25	14/02/2018	15:00	39.7	39.2	39.2	39.1	39.9	39.42	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
290	25	14/02/2018	15:20	64.5	63.44	63.1	62.7	62.3	63.208	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
291	25	15/02/2018	13:20	179.4	174.9	172.4	170.5	168.3	173.1	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
292	25	15/02/2018	13:40	61.1	60.1	59.9	59.6	59.3	60	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
293	25	15/02/2018	13:52	29.4	29.1	29.1	29.1	29.2	29.18	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
294	25	15/02/2018	14:05	156.9	153	150.9	149.3	147.6	151.54	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
295	25	14/02/2018	14:15	51.7	51.1	50.9	50.8	50.6	51.02	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
296	25	15/02/2018	15:30	12.59	12.39	12.27	12.2	12.16	12.322	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD



Tabla 3.3. Resistencias registradas de las puestas a tierra en la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte VIII)

NÚMERO	TEMPERATURA °C	FECHA	HORA	RESISTENCIA OHM						TIPO	ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
				270 Hz	570 Hz	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	PROMEDIO			
297	25	15/02/2018	15:45	13.69	13.47	13.47	13.43	13.26	13.464	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
298	24	15/02/2018	15:57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	TORRE	ETN-3OD	SPAT INTERNO
299	25	15/02/2018	16:16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO REGISTRA MEDIDA
300	24	15/02/2018	16:33	13.42	13.19	13.07	12.99	12.93	13.12	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
301	30	19/02/2018	12:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	NO TIENE SPAT
302	30	19/02/2018	11:20	406	390	383	378	372	385.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
303	30	12/02/2018	11:40	407	399	384	379	373	388.4	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
304	30	19/02/2018	11:55	403	387	380	375	369	382.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD
305	30	19/02/2018	16:10	18.21	18.01	17.88	17.68	17.73	17.902	H	ETN-3HD	SPAT CON ALUMOWELD
306	29	19/02/2018	9:10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3BD90	SPAT HURTADO
307	29	19/02/2018	9:30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	H	ETN-3HD	SPAT HURTADO
308	29	19/02/2018	9:45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	H	ETN-3HD	SPAT HURTADO
309	30	19/02/2018	10:22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3BD90	SPAT HURTADO
310	29	19/02/2018	13:20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	H	ETN-3HD	SPAT HURTADO
311	29	19/02/2018	11:02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	POSTE	ETN-3VS	SPAT INTERNO
312	30	19/02/2018	10:40	376	361	354	349	344	356.8	POSTE	ETN-3VS	SPAT CON ALUMOWELD



ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO

Para obtener el ángulo de apantallamiento actual, se procedió a la toma de los datos de las distancias horizontal y vertical, desde el hilo de guarda hasta la primera fase de la LST Sacha – Orellana. Los resultados de este ejercicio se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Ángulo de apantallamiento registrado de las estructuras de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte I)

NÚMERO	DISTANCIA X	DISTANCIA Y	HIPOTENUSA	ÁNGULO ACTUAL	TIPO	ESTRUCTURA
150-A	120	220	250.60	28.61	POSTE	ETN-3BD90
151	160	251	297.66	32.52	POSTE	ETN-3VS
152	162	251	298.74	32.84	POSTE	ETN-3VS
153	170	297	342.21	29.79	POSTE	ETN-3VS
154	170	297	342.21	29.79	POSTE	ETN-3VS
155	170	297	342.21	29.79	POSTE	ETN-3VS
156	170	297	342.21	29.79	POSTE	ETN-3VS
157	170	297	342.21	29.79	POSTE	ETN-3VS
158	170	247	299.85	34.54	POSTE	ETN-3VS
159	170	247	299.85	34.54	POSTE	ETN-3VS
160	170	247	299.85	34.54	POSTE	ETN-3VS
161	170	247	299.85	34.54	POSTE	ETN-3VS
162	292	513	590.28	29.65	TORRE	ETN-3OD
163	294	600	668.16	26.10	TORRE	ETN-3OD
164	164	252	300.67	33.06	POSTE	ETN-3VS
165	164	252	300.67	33.06	POSTE	ETN-3VS
166	164	252	300.67	33.06	POSTE	ETN-3VS
167	312	600	676.27	27.47	TORRE	ETN-3OD
168	315	596	674.12	27.86	TORRE	ETN-3OS
169	160	254	300.19	32.21	POSTE	ETN-3VS
170	160	250	296.82	32.62	POSTE	ETN-3VS
171	164	252	300.67	33.06	POSTE	ETN-3VS
172	249	412	481.40	31.15	TORRE	ETN-3OD
173	164	252	300.67	33.06	POSTE	ETN-3VS
174	306	592	666.41	27.33	TORRE	ETN-3OS
175	260	400	477.07	33.02	POSTE	ETN-3VS
176	156	250	294.68	31.96	POSTE	ETN-3VS
177	276	410	494.24	33.95	POSTE	ETN-3VS
178	157	250	295.21	32.13	POSTE	ETN-3VS
179	157	250	295.21	32.13	POSTE	ETN-3VS



Tabla 3.4. Ángulo de apantallamiento registrado de las estructuras de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte II)

NÚMERO	DISTANCIA X	DISTANCIA Y	HIPOTENUSA	ÁNGULO ACTUAL	TIPO	ESTRUCTURA
180	157	249	294.36	32.23	POSTE	ETN-3VS
181	159	250	296.28	32.46	POSTE	ETN-3VS
182	159	250	296.28	32.46	POSTE	ETN-3VS
183	157	250	295.21	32.13	POSTE	ETN-3VS
184	157	250	295.21	32.13	POSTE	ETN-3VS
185	157	250	295.21	32.13	POSTE	ETN-3VS
186	260	400	477.07	33.02	H	ETN-3HS
187	266	410	488.73	32.97	TORRE	ETN-3OD
188	260	400	477.07	33.02	H	ETN-3HS
189	315	598	675.89	27.78	TORRE	ETN-3OS
190	260	400	477.07	33.02	H	ETN-3HS
191	260	400	477.07	33.02	H	ETN-3HD
192	305	517	600.26	30.54	TORRE	ETN-3OD
193	260	400	477.07	33.02	H	ETN-3HD
194	154	263	304.77	30.35	POSTE	ETN-3VS
195	154	265	306.50	30.16	POSTE	ETN-3VS
196	316	621	696.78	26.97	TORRE	ETN-3OS
197	215	512	555.31	22.78	TORRE	ETN-3OD
198	163	250	298.44	33.10	POSTE	ETN-3VS
199	159	253	298.81	32.15	POSTE	ETN-3VS
200	157	263	306.30	30.84	POSTE	ETN-3VS
201	154	265	306.50	30.16	POSTE	ETN-3VS
202	154	250	293.63	31.63	POSTE	ETN-3VS
203	156	263	305.79	30.67	POSTE	ETN-3VS
204	154	262	303.91	30.45	POSTE	ETN-3VS
205	157	250	295.21	32.13	POSTE	ETN-3VS
206	156	260	303.21	30.96	POSTE	ETN-3VS
207	154	262	303.91	30.45	POSTE	ETN-3VS
208	207	513	553.19	21.97	TORRE	ETN-3OD
209	156	263	305.79	30.67	POSTE	ETN-3VS
210	156	263	305.79	30.67	POSTE	ETN-3VS
211	157	254	298.61	31.72	POSTE	ETN-3VS
212	154	262	303.91	30.45	POSTE	ETN-3VS
213	156	263	305.79	30.67	POSTE	ETN-3VS
214	155	260	302.70	30.80	POSTE	ETN-3VS
215	156	263	305.79	30.67	POSTE	ETN-3VS
216	154	260	302.19	30.64	POSTE	ETN-3VS
217	156	262	304.93	30.77	POSTE	ETN-3VS
218	156	262	304.93	30.77	POSTE	ETN-3VS



Tabla 3.4. Ángulo de apantallamiento registrado de las estructuras de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte III)

NÚMERO	DISTANCIA X	DISTANCIA Y	HIPOTENUSA	ÁNGULO ACTUAL	TIPO	ESTRUCTURA
219	145	265	302.08	28.69	POSTE	ETN-3VS
220	146	270	306.95	28.40	POSTE	ETN-3VS
221	238	415	478.40	29.83	TORRE	ETN-3OD
222	150	268	307.12	29.24	POSTE	ETN-3VS
223	156	262	304.93	30.77	POSTE	ETN-3VS
224	156	265	307.51	30.48	POSTE	ETN-3VS
225	155	261	303.56	30.70	POSTE	ETN-3VS
226	154	262	303.91	30.45	POSTE	ETN-3VS
227	155	260	302.70	30.80	POSTE	ETN-3VS
228	154	260	302.19	30.64	POSTE	ETN-3VS
229	156	262	304.93	30.77	POSTE	ETN-3VS
230	238	415	478.40	29.83	TORRE	ETN-3OD
231	150	268	307.12	29.24	POSTE	ETN-3VS
232	154	259	301.33	30.74	POSTE	ETN-3VS
233	154	255	297.89	31.13	POSTE	ETN-3VS
234	156	254	298.08	31.56	POSTE	ETN-3VS
235	154	256	298.75	31.03	POSTE	ETN-3VS
236	238	415	478.40	29.83	TORRE	ETN-3OD
237	155	253	296.71	31.49	POSTE	ETN-3VS
238	120	220	250.60	28.61	POSTE	ETN-3VS
239	156	400	429.34	21.31	POSTE	ETN-3VS
240	154	270	310.83	29.70	POSTE	ETN-3VS
241	156	274	315.30	29.65	POSTE	ETN-3VS
242	158	274	316.29	29.97	POSTE	ETN-3VS
243	156	283	323.15	28.87	POSTE	ETN-3VS
244	155	282	321.79	28.80	POSTE	ETN-3VS
245	154	280	319.56	28.81	POSTE	ETN-3VS
246	263	412	488.79	32.55	TORRE	ETN-3OD
247	154	285	323.95	28.38	POSTE	ETN-3VS
248	156	283	323.15	28.87	POSTE	ETN-3VS
249	157	282	322.76	29.11	POSTE	ETN-3VS
250	260	400	477.07	33.02	H	ETN-3HS
251	263	410	487.10	32.68	TORRE	ETN-3OD
252	154	280	319.56	28.81	POSTE	ETN-3VS
253	156	283	323.15	28.87	POSTE	ETN-3VS
254	155	282	321.79	28.80	POSTE	ETN-3VS
255	157	283	323.63	29.02	POSTE	ETN-3VS
256	264	426	501.17	31.79	TORRE	ETN-3OD
257	157	284	324.51	28.93	POSTE	ETN-3VS



Tabla 3.4. Ángulo de apantallamiento registrado de las estructuras de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte IV)

NÚMERO	DISTANCIA X	DISTANCIA Y	HIPOTENUSA	ÁNGULO ACTUAL	TIPO	ESTRUCTURA
258	156	280	320.52	29.12	POSTE	ETN-3VS
259	157	282	322.76	29.11	POSTE	ETN-3VS
260	154	280	319.56	28.81	POSTE	ETN-3VS
261	156	283	323.15	28.87	POSTE	ETN-3VS
262	153	283	321.71	28.40	POSTE	ETN-3VS
263	150	270	308.87	29.05	POSTE	ETN-3VS
264	154	270	310.83	29.70	POSTE	ETN-3VS
265	156	278	318.78	29.30	POSTE	ETN-3VS
266	155	275	315.67	29.41	POSTE	ETN-3VS
267	152	270	309.85	29.38	POSTE	ETN-3VS
268	155	275	315.67	29.41	POSTE	ETN-3VS
269	157	270	312.33	30.18	POSTE	ETN-3VS
270	229	420	478.37	28.60	TORRE	ETN-3OD
271	154	270	310.83	29.70	POSTE	ETN-3VS
272	154	270	310.83	29.70	POSTE	ETN-3VS
273	150	270	308.87	29.05	POSTE	ETN-3VS
274	152	271	310.72	29.29	POSTE	ETN-3VS
275	150	270	308.87	29.05	POSTE	ETN-3VS
276	156	275	316.17	29.57	POSTE	ETN-3VS
277	260	400	477.07	33.02	POSTE	ETN-3VS
278	154	271	311.70	29.61	POSTE	ETN-3VS
279	150	270	308.87	29.05	POSTE	ETN-3VS
280	155	274	314.80	29.50	POSTE	ETN-3VS
281	150	265	304.51	29.51	POSTE	ETN-3VS
282	120	220	250.60	28.61	POSTE	ETN-3VS
283	150	268	307.12	29.24	POSTE	ETN-3VS
284	305	500	585.68	31.38	TORRE	ETN-3OD
285	156	400	429.34	21.31	POSTE	ETN-3VS
286	150	258	298.44	30.17	POSTE	ETN-3VS
287	150	257	297.57	30.27	POSTE	ETN-3VS
288	150	225	270.42	33.69	POSTE	ETN-3VS
289	153	255	297.38	30.96	POSTE	ETN-3VS
290	150	268	307.12	29.24	POSTE	ETN-3VS
291	154	265	306.50	30.16	POSTE	ETN-3VS
292	156	269	310.96	30.11	POSTE	ETN-3VS
293	150	265	304.51	29.51	POSTE	ETN-3VS
294	150	263	302.77	29.70	POSTE	ETN-3VS
295	153	265	306.00	30.00	POSTE	ETN-3VS
296	152	268	308.10	29.56	POSTE	ETN-3VS



Tabla 3.4. Ángulo de apantallamiento registrado de las estructuras de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores) (parte V)

NÚMERO	DISTANCIA X	DISTANCIA Y	HIPOTENUSA	ÁNGULO ACTUAL	TIPO	ESTRUCTURA
297	120	220	250.60	28.61	POSTE	ETN-3VS
298	308	522	606.09	30.54	TORRE	ETN-3OD
299	152	260	301.17	30.31	POSTE	ETN-3VS
300	153	262	303.40	30.28	POSTE	ETN-3VS
301	156	400	429.34	21.31	POSTE	ETN-3VS
302	152	152	214.96	45.00	POSTE	ETN-3VS
303	153	262	303.40	30.28	POSTE	ETN-3VS
304	153	262	303.40	30.28	POSTE	ETN-3VS
305	220	350	413.40	32.15	H	ETN-3HD
306	156	250	294.68	31.96	POSTE	ETN-3BD90
307	210	350	408.17	30.96	H	ETN-3HD
308	245	355	431.34	34.61	H	ETN-3HD
309	96	150	178.09	32.62	POSTE	ETN-3BD90
310	210	350	408.17	30.96	H	ETN-3HD
311	145	230	271.89	32.23	POSTE	ETN-3VS
312	156	280	320.52	29.12	POSTE	ETN-3VS

PRECIPITACIONES

De los datos registrados por el INAMHI en las ciudades de Nueva Loja y El Coca durante los años 2015, 2016 y 2017; se puede apreciar que las precipitaciones en estas ciudades han sido considerables y el registro de las mismas se presenta en las tablas 3.5, 3.6 y 3.7. [30]

Donde:

PMES = Precipitaciones registradas durante el mes (mm).

MP24H = Máxima precipitación durante 1 día (mm).

#DLL = Días que se registraron precipitaciones en el mes

Tabla 3.5. Precipitaciones registradas por el INAMHI durante el año 2015 en las ciudades de Nueva Loja y El Coca. [30]

FECHA		NUEVA LOJA			EL COCA		
AÑO	MES	PMES	MP24H	#DLL	PMES	MP24H	#DLL
2015	ENERO	341.60	39.50	21.00	49.00	49.00	23.00
	FEBRERO	289.40	86.00	20.00	36.00	55.00	19.00
	MARZO	380.70	77.00	20.00	19.00	47.00	27.00
	ABRIL	330.70	66.00	24.00	-3.00	46.00	25.00
	MAYO	423.80	102.00	24.00	4.00	67.00	26.00
	JUNIO	396.40	100.00	25.00	-31.00	39.80	24.00
	JULIO	338.00	55.00	26.00	27.00	68.00	25.00
	AGOSTO	166.80	27.00	19.00	35.00	46.00	20.00
	SEPTIEMBRE	115.40	45.00	13.00	-44.00	55.00	14.00
	OCTUBRE	232.20	59.00	12.00	-36.00	45.00	12.00
	NOVIEMBRE	515.60	88.00	24.00	31.00	105.00	20.00
	DICIEMBRE	141.30	38.60	18.00	-40.00	52.00	21.00
PROMEDIO		305.99	65.26	20.50	3.92	56.23	21.33

Tabla 3.6. Precipitaciones registradas por el INAMHI durante el año 2016 en las ciudades de Nueva Loja y El Coca. [30]

FECHA		NUEVA LOJA			EL COCA		
AÑO	MES	PMES	MP24H	#DLL	PMES	MP24H	#DLL
2016	ENERO	23.80	7.00	9.00	-35.00	76.00	9.00
	FEBRERO	298.50	38.00	23.00	7.00	52.00	21.00
	MARZO	336.30	93.00	22.00	20.00	84.20	20.00
	ABRIL	213.30	28.00	22.00	-52.00	53.70	23.00
	MAYO	249.10	25.00	24.00	9.00	60.70	22.00
	JUNIO	394.40	59.00	25.00	14.00	35.00	24.00
	JULIO	230.30	93.00	18.00	-17.00	46.00	19.00
	AGOSTO	138.30	28.00	18.00	-50.00	13.00	18.00
	SEPTIEMBRE	80.70	38.10	15.00	32.00	83.60	14.00
	OCTUBRE	267.20	96.00	12.00	-52.00	25.00	13.00
	NOVIEMBRE	422.70	109.00	19.00	-7.00	56.20	19.00
	DICIEMBRE	242.50	63.00	14.00	-37.00	27.00	14.00
PROMEDIO		241.43	56.43	18.42	-14.00	51.03	18.00

Tabla 3.7. Precipitaciones registradas por el INAMHI durante el año 2017 en las ciudades de Nueva Loja y El Coca. [30]

FECHA		NUEVA LOJA			EL COCA		
AÑO	MES	PMES	MP24H	#DLL	PMES	MP24H	#DLL
2017	ENERO	240.50	52.00	18.00	70.00	85.00	18.00
	FEBRERO	224.70	51.00	16.00	-53.00	32.70	11.00
	MARZO	351.50	58.00	23.00	-33.00	32.00	15.00
	ABRIL	175.40	23.20	24.00	NIL	NIL	NIL
	MAYO	215.00	40.00	23.00	-6.00	49.00	21.00
	JUNIO	424.40	84.10	17.00	-4.00	43.20	17.00
	JULIO	NIL	0.00	NIL	-37.00	41.00	16.00
	AGOSTO	168.80	40.00	13.00	-5.00	74.00	15.00
	SEPTIEMBRE	254.30	102.40	13.00	40.00	89.80	12.00
	OCTUBRE	150.10	35.00	14.00	-33.00	52.00	14.00
	NOVIEMBRE	301.50	64.00	22.00	11.00	84.40	18.00
	DICIEMBRE	116.90	52.00	14.00	11.00	89.00	14.00
PROMEDIO		238.46	50.14	17.91	-3.55	61.10	15.55

REPORTE DE FALLAS

Los datos proporcionados por el centro de control de la CNEL EP Unidad de Negocios Sucumbíos, respecto al reporte de fallas registradas en la LST a 69 kV Sacha – Orellana se muestran en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Reporte de fallas. (fuente CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos) (parte I)

AÑO	MES	DÍA	DESDE	HASTA	TIEMPO	ORIGEN
2015	MARZO	18	4:48:00	8:35:00	3:47:00	INTERNO
2015	MARZO	22	0:59:00	1:36:00	0:37:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	ABRIL	2	16:13:00	16:26:00	0:13:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	10	21:38:00	21:51:00	0:13:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	19	1:04:00	4:29:00	3:25:00	INTERNO
2015	JULIO	21	6:56:00	6:59:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	21	16:49:00	16:52:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	23	16:18:00	16:21:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	24	16:26:00	16:29:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	26	16:46:00	16:49:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	27	16:35:00	16:38:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	29	16:31:00	16:34:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	JULIO	30	16:05:00	16:08:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA

**Tabla 3.8.** Reporte de fallas. (fuente CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos) (parte II)

AÑO	MES	DÍA	DESDE	HASTA	TIEMPO	ORIGEN
2015	JULIO	31	15:07:00	15:10:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	AGOSTO	2	12:06:00	12:09:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	OCTUBRE	28	16:06:00	19:00:00	2:54:00	INTERNO
2015	NOVIEMBRE	24	6:20:00	9:48:00	3:28:00	INTERNO
2015	DICIEMBRE	27	0:02:00	2:07:00	2:05:00	INTERNO
2015	DICIEMBRE	30	20:49:00	21:35:00	0:46:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2015	DICIEMBRE	31	3:37:00	3:40:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	ENERO	4	2:00:00	2:10:00	0:10:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	ENERO	4	8:07:00	8:10:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	ENERO	6	13:18:00	13:21:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	ABRIL	6	16:29:00	17:05:00	0:36:00	INTERNO
2016	JUNIO	24	9:58:00	10:10:00	0:12:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	AGOSTO	24	15:59:00	16:20:00	0:21:00	INTERNO
2016	SEPTIEMBRE	21	16:25:00	16:35:00	0:10:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	OCTUBRE	1	9:33:00	10:01:00	0:28:00	INTERNO
2016	OCTUBRE	1	13:15:00	13:23:00	0:08:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	OCTUBRE	2	14:34:00	14:41:00	0:07:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	OCTUBRE	5	12:06:00	12:09:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	OCTUBRE	28	1:01:00	1:15:00	0:14:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2016	NOVIEMBRE	17	11:42:00	12:31:00	0:49:00	INTERNO
2017	FEBRERO	12	22:20:00	22:49:00	0:29:00	INTERNO
2017	FEBRERO	14	9:28:00	9:58:00	0:30:00	INTERNO
2017	FEBRERO	15	10:12:00	10:18:00	0:06:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2017	FEBRERO	18	3:11:00	3:29:00	0:18:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2017	MARZO	9	2:48:00	4:20:00	1:32:00	INTERNO
2017	ABRIL	24	0:52:00	1:12:00	0:20:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2017	MAYO	5	8:11:00	11:17:00	3:06:00	INTERNO
2017	MAYO	16	16:05:00	16:25:00	0:20:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2017	JULIO	24	13:25:00	13:47:00	0:22:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2017	AGOSTO	3	13:17:00	13:45:00	0:28:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2017	AGOSTO	16	9:50:00	10:10:00	0:20:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA
2017	NOVIEMBRE	18	22:45:00	22:48:00	0:03:00	DESCARGA ATMOSFÉRICA

3.3. ANÁLISIS DE DATOS

3.3.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El promedio de la resistencia de los sistemas de puesta a tierra de la línea de subtransmisión es de 174.82Ω .

El 23.3% de los sistemas de puesta a tierra se encuentra dentro de los rangos permitidos por las empresas distribuidoras, es decir menor a 20Ω ; mientras que el 76.7% se encuentran por encima de la resistencia establecida por la empresa distribuidora, este porcentaje se visualiza en la figura 3.1.

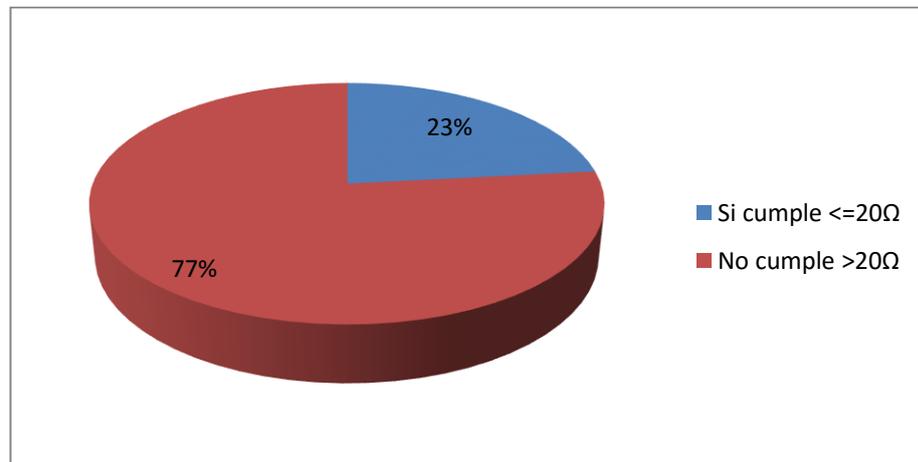


Figura 3.1. Estructuras que cumplen con la resistencia permitida. (fuente autores)

Estos inconvenientes registrados aparecen en cada uno de los elementos que componen el SPAT de la LST tales como:

Conectores

La derivación del hilo de guarda con el conductor del SPAT está realizada con un conector tipo perno partido de cobre recubierto de estaño, mientras que en el otro extremo que va conectado al poste, está realizada con conector tipo ojo de cobre recubierto de aluminio.



Así mismo en la base del poste la conexión del conductor del SPAT se encuentra realizada con un conector tipo ojo de cobre recubierto de aluminio y finalmente la conexión del conductor con la varilla copperweld poseen dos tipos de conector, en algunos SPAT están con grapa bulonada, mientras que en otros está con conector copperweld de perno.

- Una pequeña parte de los conectores perno partido, con el pasar del tiempo se encuentran contaminados y flojos.
- La unión de los conectores tipo ojo colocados en la parte superior e inferior del poste presentan oxidación, este inconveniente está presente en un porcentaje considerable de las estructuras.
- Los conectores tipo grapa bulonada en su mayoría se encuentran oxidados.
- Los conectores tipo copperweld la mayoría presenta oxidación.

Conductores

El cable de cobre instalado inicialmente, inmediatamente luego de su instalación fue hurtado por las personas de la zona por lo que optaron por el cambio a conductor Alumoweld.

El conductor instalado actualmente en los SPAT de la LST es Alumoweld de calibre # 2 AWG de 7 hilos. Con el pasar del tiempo el conductor instalado en la parte superior del poste se encuentra contaminado pero en buen estado, mientras que el conductor instalado en la base del poste, el cual debido a las descargas atmosféricas propias de la zona que produce un cambio brusco de temperatura entre el conductor y el conector, así como la humedad presente en el suelo,



ha ocasionado el deterioro del revestimiento de aluminio del conductor a la altura del conector, quedando el acero expuesto, lo que ha producido su oxidación, deteriorándolo de ésta manera y disminuyendo la conductividad.

Varilla copperweld

Las varillas del SPAT de la LST son de 5/8 de pulgada de diámetro, de 3 metros de largo y de alta camada, es decir tienen un revestimiento de cobre superior a las 254 micras, al igual que el conductor, éstas han sido afectadas por las descargas atmosféricas que han producido un cambio brusco de temperatura entre el conector y la varilla; así como la humedad presente en el suelo, ocasionado que a la altura del conector esté dañado el revestimiento de cobre y produciéndose la oxidación del acero interno, este daño está presente en una parte de las varillas instaladas.

En un análisis adicional, se observa que, en algún mantenimiento anterior, con la finalidad de mejorar la conductividad del terreno se ha colocado cemento conductor, el cual se encuentra en buen estado.

3.3.2. ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO

El promedio del ángulo de apantallamiento de la LST es de 30.44°.

En un pequeño análisis de datos se puede establecer que: el 43.21% del total de las estructuras poseen el ángulo de apantallamiento menor a 30°, que es lo establecido por las empresas distribuidoras; mientras que el 56.79% está por encima del ángulo de apantallamiento permitido.

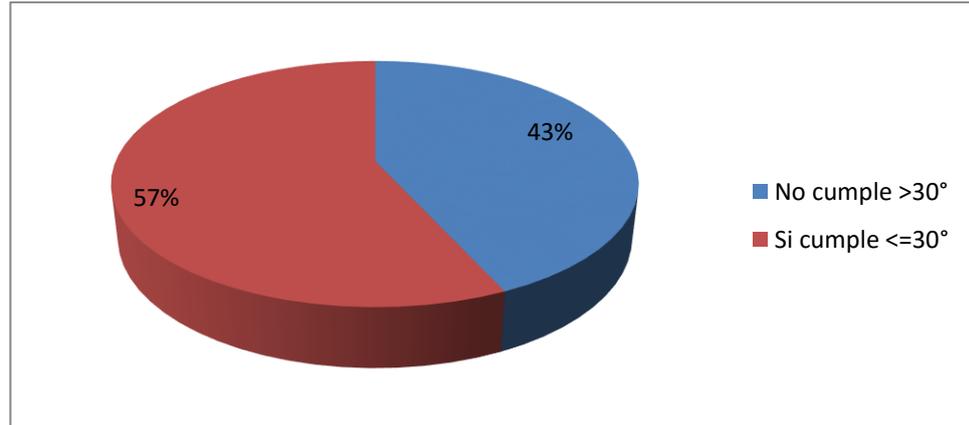


Figura 3.2. Estructuras que cumplen con el ángulo de apantallamiento permitido.
(fuente autores)

La figura 3.2 presenta el porcentaje de estructuras que tienen un ángulo de apantallamiento mayor a 30° instaladas en postes. Según aquello se puede inducir que el constructor no tomó en cuenta la normativa para mantener la altura base mínima de los conductores al momento de su instalación, esto ocurrió posiblemente por:

- Falta de verificación del ángulo de apantallamiento en la LST por parte de la fiscalización al momento de su construcción.
- Falta de conocimiento de normativas vigentes por parte del personal técnico y contratista al momento de ejecutar el montaje de la LST y del hilo de guarda.

3.3.3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Año 2015

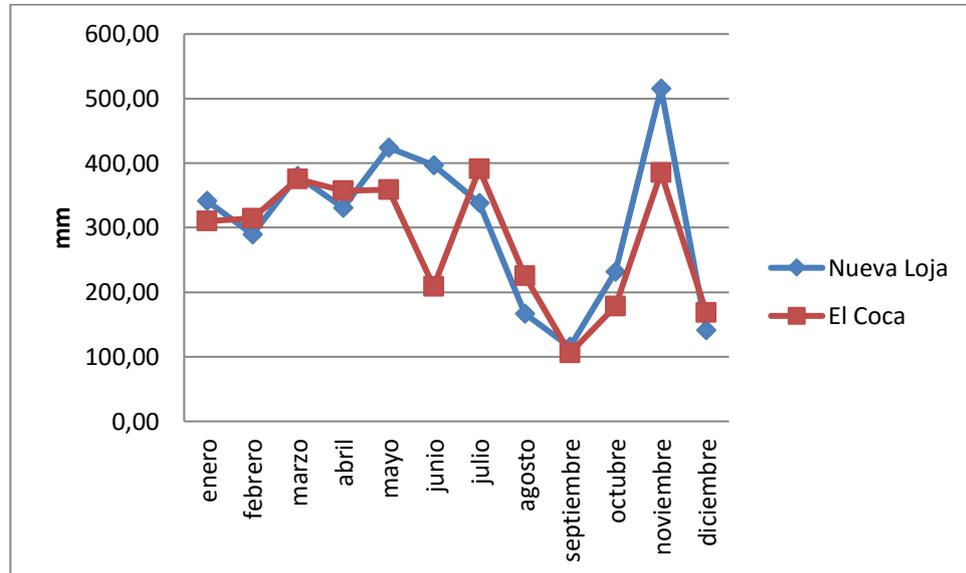


Figura 3.3. Precipitaciones mensuales año 2015. (fuente autores)

De las precipitaciones mensuales en mm durante el año 2015 mostradas en la figura 3.3, el promedio en las estaciones Nueva Loja y El Coca fue de 305.99 mm y 281.45 mm respectivamente.

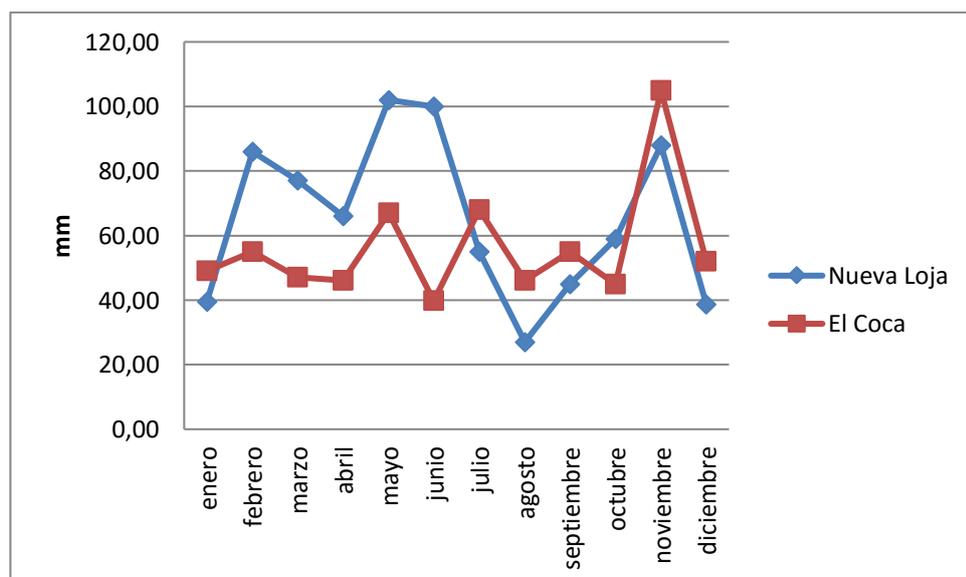


Figura 3.4. Precipitaciones máximas diarias por mes, año 2015. (fuente autores)

De las precipitaciones máximas diarias en mm registradas durante un mes en el año 2015 mostradas en la figura 3.4, el promedio en las estaciones Nueva Loja y El Coca fue de 65.26 mm y 53.23 mm respectivamente.

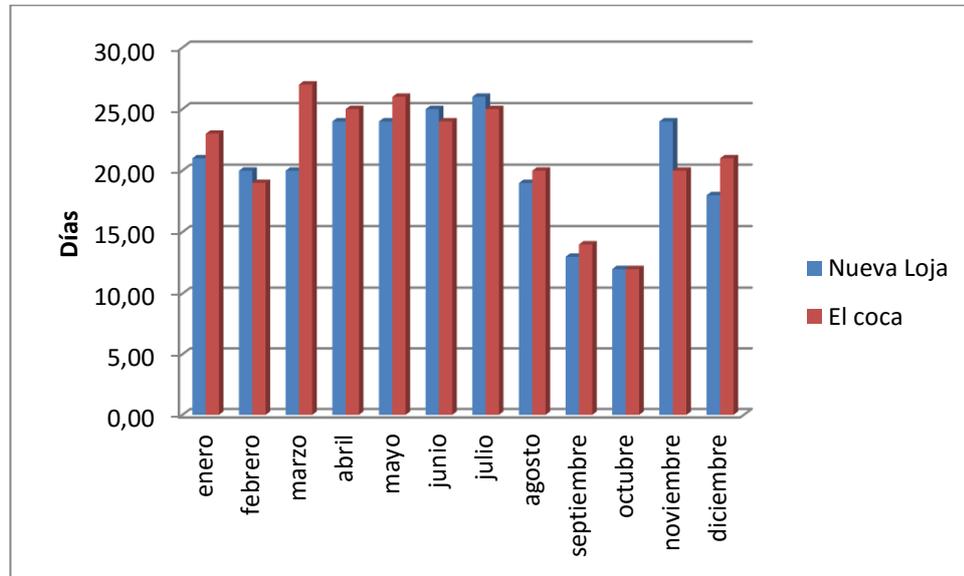


Figura 3.5. Días con precipitaciones por mes, año 2015. (fuente autores)

Del registro del número de días con precipitaciones durante un mes en el año 2015 mostrado en la figura 3.5, el promedio en las estaciones de Nueva Loja y El Coca fue de 20.5 días y 21.33 días respectivamente.

Año 2016

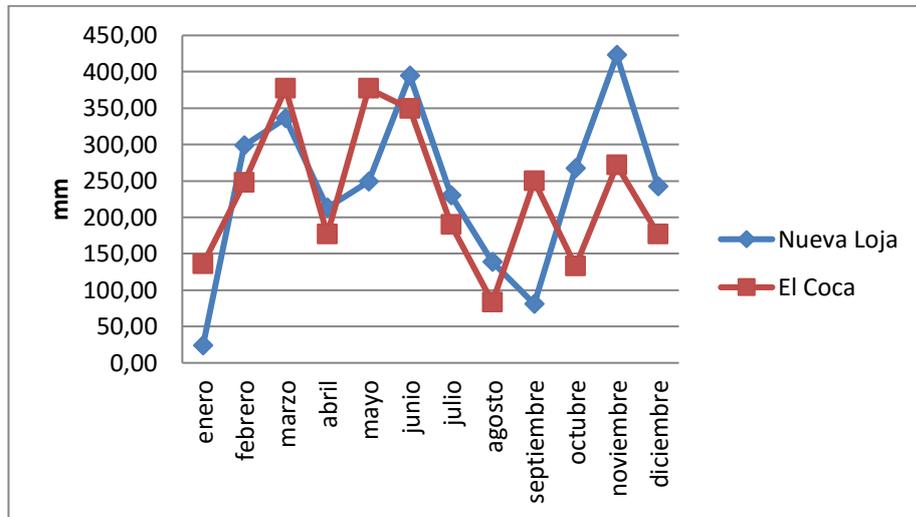


Figura 3.6. Precipitaciones mensuales año 2016. (fuente autores)

De las precipitaciones mensuales en mm durante el año 2016 mostradas en la figura 3.6, el promedio en las estaciones Nueva Loja y El Coca fue de 241.43 mm y 230.48 mm respectivamente.

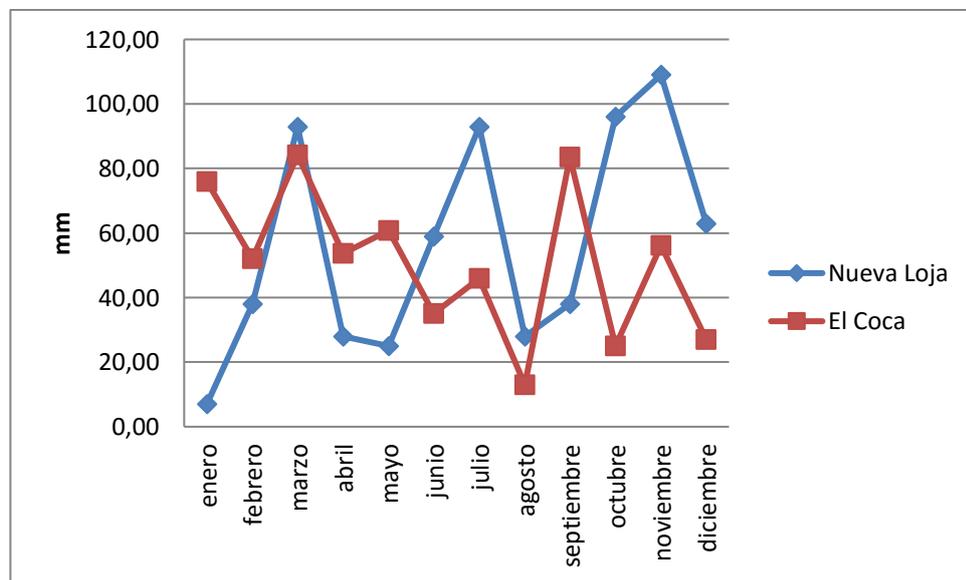


Figura 3.7. Precipitaciones máximas diarias por mes, año 2016. (fuente autores)

De las precipitaciones máximas diarias en mm registradas durante un mes en el año 2016 mostradas en la figura 3.7, el promedio en las

estaciones Nueva Loja y El Coca fue de 56.43 mm y 51.03 mm respectivamente.

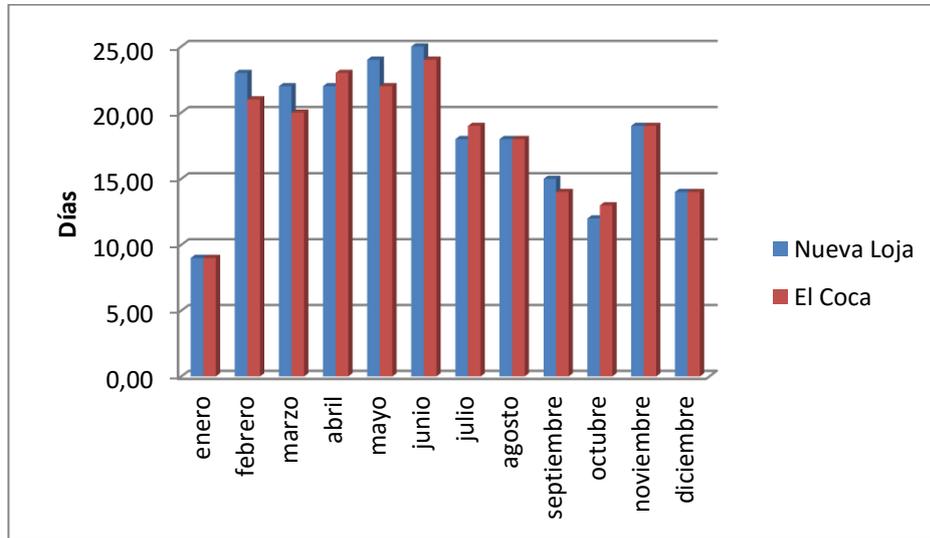


Figura 3.8. Días con precipitaciones por mes, año 2016. (fuente autores)

Del registro del número de días con precipitaciones durante un mes en el año 2016 mostrado en la figura 3.8, el promedio en las estaciones de Nueva Loja y El Coca fue de 18.42 días y 18 días respectivamente.

Año 2017

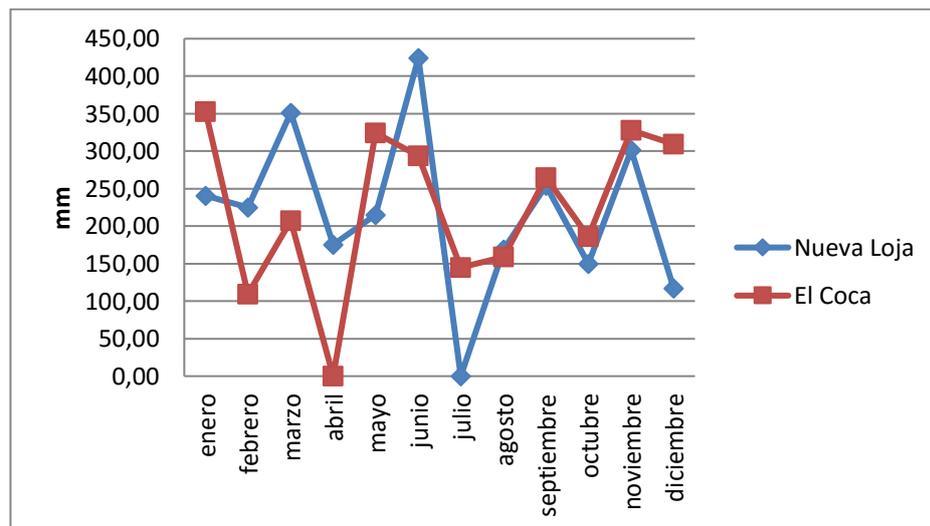


Figura 3.9. Precipitaciones mensuales año 2017. (fuente autores)

De las precipitaciones mensuales en mm durante el año 2017 mostradas en la figura 3.9, el promedio en las estaciones Nueva Loja y El Coca fue de 238.46 mm y 243.55 mm respectivamente.

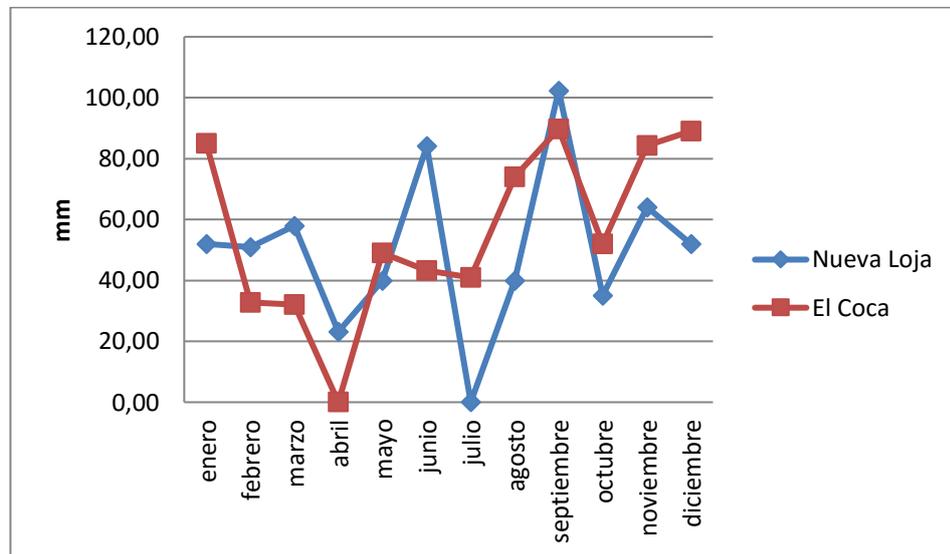


Figura 3.10. Precipitaciones máximas diarias por mes, año 2017. (fuente autores)

De las precipitaciones máximas diarias en mm registradas durante un mes en el año 2016 mostradas en la figura 3.10, el promedio en las estaciones Nueva Loja y El Coca fue de 50.14 mm y 61.1 mm respectivamente.

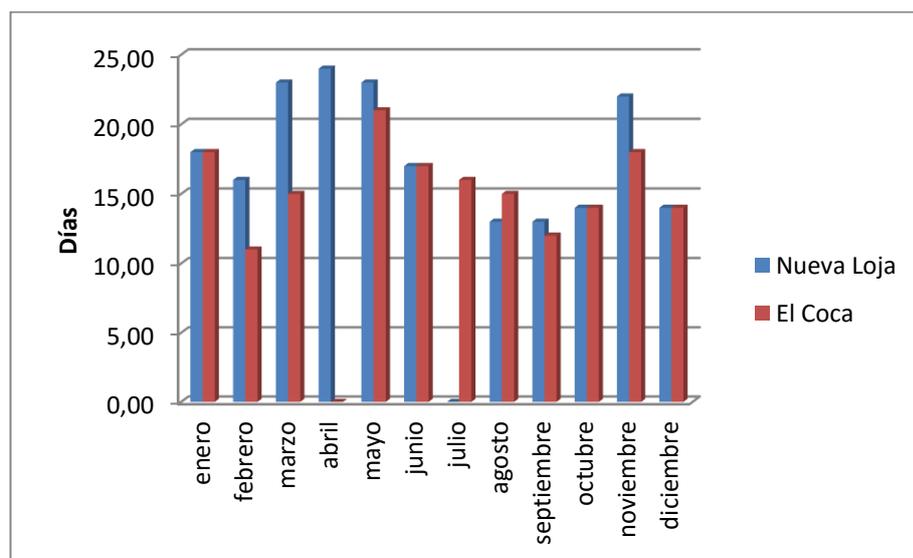


Figura 3.11. Días con precipitaciones por mes, año 2017. (fuente autores)

Del registro del número de días con precipitaciones durante un mes en el año 2016 mostrado en la figura 3.11, el promedio en las estaciones de Nueva Loja y El Coca fue de 17.91 días y 15.55 días respectivamente.

Años 2015, 2016 y 2017

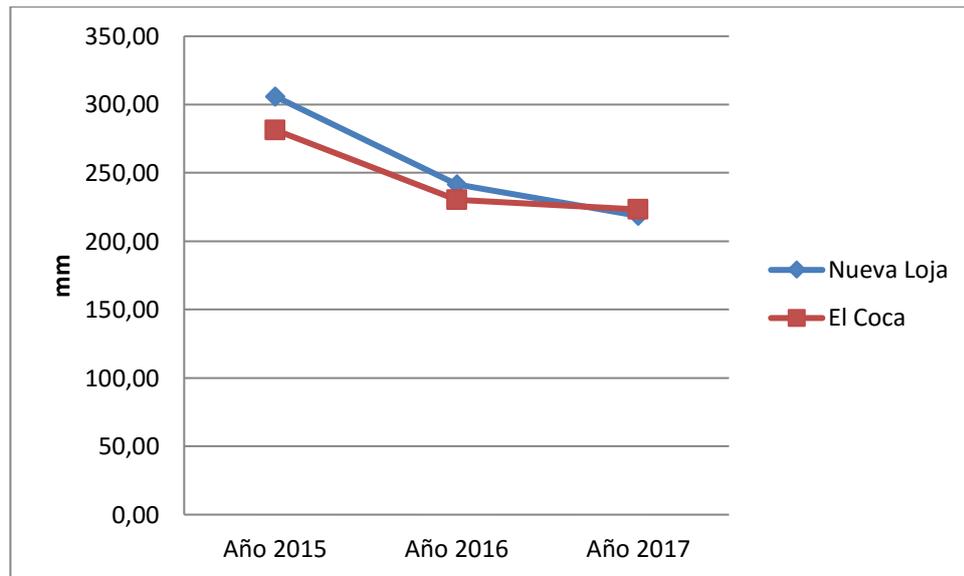


Figura 3.12. Precipitaciones mensuales años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)

Como se puede apreciar en la figura 3.12, las lluvias en la zona donde se está realizando el análisis de los SPAT es abundante con un promedio mensual durante los años 2015, 2016 y 2017 en la ciudad de Nueva Loja con 261.96 mm, mientras que en la ciudad de El Coca con 251.8 mm.

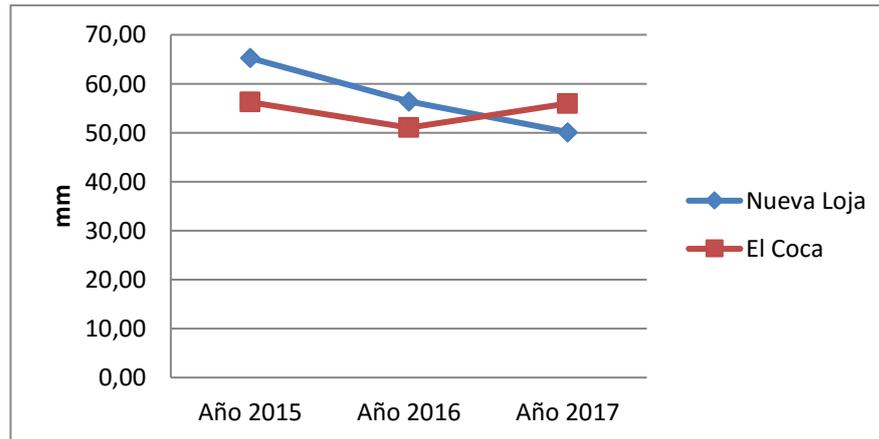


Figura 3.13. Precipitaciones máximas diarias por mes, años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)

En la figura 3.13 se muestran las máximas precipitaciones por día en cada mes durante los años 2015, 2016 y 2017, y el promedio de las lluvias registradas es en Nueva Loja de 57.28 mm y en El Coca de 56.12 mm.

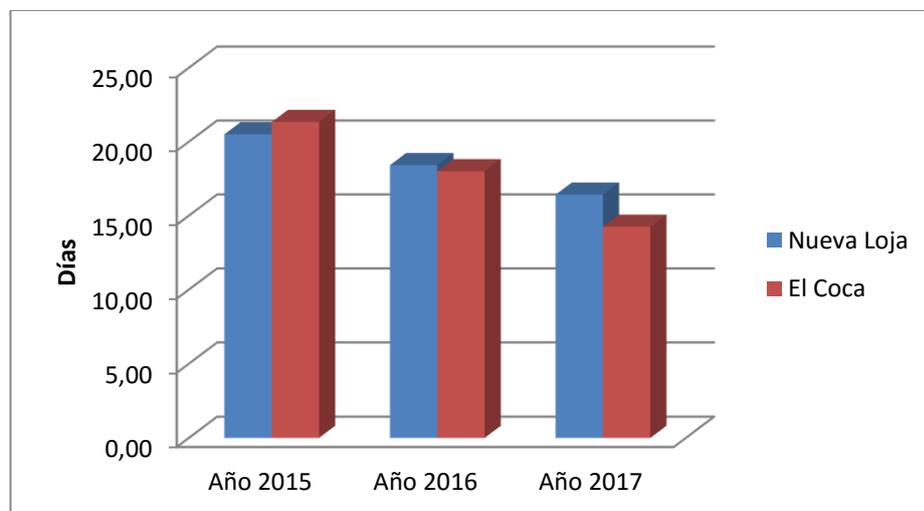


Figura 3.14. Días con precipitaciones por mes, años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)

De igual manera, el promedio de días con lluvia durante un mes en los años 2015, 2016 y 2017, que se derivan de los datos mostrados en la figura 3.14, es en Nueva Loja de 18.9 días al mes y en El Coca de 18.3 días al mes.



Cabe mencionar que en la zona oriental la mayoría de las precipitaciones vienen acompañadas de descargas atmosféricas, y como se puede observar en la figura 3.14, el alto nivel de lluvia en el periodo de registro y análisis de éste proyecto, las precipitaciones mensuales promedio están sobre los 18 días, no se puede dejar pasar por alto la cantidad de descargas atmosféricas que se han suscitado en la zona y por ende en la LST Sacha – Orellana.

Densidad de Descargas Atmosféricas a Tierra

De los datos registrados se puede conocer el nivel cerámico que existe tanto en la estación de Nueva Loja y El Coca, considerando que en la zona no existen estadísticas de la presencia de descargas atmosféricas cuando existen precipitaciones; según la experiencia de los técnicos en estudios ambientales consideran que el 80% de las precipitaciones van acompañadas por descargas atmosféricas, lo que se utiliza para calcular la densidad de descargas atmosféricas en la zona oriental donde se encuentra construida la LST Sacha – Orellana.

Durante el año 2015 se registraron 246 días con presencia de lluvia en la estación de Nueva Loja, mientras que en El Coca se registraron 256 días con presencia de precipitaciones.

En el transcurso del año 2016 en Nueva Loja se registraron 221 días con presencia de lluvia y en El Coca 216 días.

Finalmente en el año 2017 la lluvia alcanza los 197 días en la ciudad de Nueva Loja y en El Coca llega a los 171 días con precipitaciones.

Tomando en cuenta la tabla 2.1 del nivel cerámico, donde se relaciona que la presencia de tormentas por sobre los 100 días al año



se considera muy elevado, entonces esta severidad se puede aplicar a la región de Nueva Loja y El Coca donde el promedio de lluvias anuales durante los años 2015, 2016 y 2017 alcanza los 221 y 214 días respectivamente, de los cuales considerando que el 80% están acompañadas con descargas eléctricas; se obtiene que de los 365 al año, en 176 días existe la presencia de rayos en Nueva Loja, mientras que en El Coca son 171 días con presencia de tormentas eléctricas.

Utilizando la ecuación 2.1 se calcula la densidad de descargas atmosféricas a tierra N_g y se muestra en la tabla 3.9 los resultados obtenidos.

Tabla 3.9. Densidad de descargas atmosféricas a tierra. (fuente autores)

Ciudad	Densidad (rayos-km ² /año)
Nueva Loja	25
El Coca	24

De los resultados de la tabla 3.9. se puede apreciar que anualmente se registran un promedio de 25 descargas atmosféricas a tierra por km² entre las Ciudades de Nueva Loja y El Coca que es donde se encuentra construida la LST Sacha – Orellana.

Considerando la ecuación 2.2 se determina la cantidad de descargas atmosféricas por cada 100 km al año N_s , lo que da como resultado 365 descargas atmosféricas.

La línea de subtransmisión Sacha – Orellana tiene una longitud de 30 km, siendo la cantidad de 109 descargas atmosféricas las que se producen al año en la LST a 69 kV Sacha – Orellana.

Se verifica que el nivel de rayos que se registran las LST en la zona nororiental es muy elevado respecto al resto de zonas del país, por lo que es indispensable e imprescindible tener un óptimo SPAT.

3.3.4. FALLAS REGISTRADAS

Del reporte de fallas registradas por el centro de control durante los años 2015, 2016, 2017 y parte del año 2018 en la LST a 69 kV Sacha – Orellana, se pueden resumir los siguientes aspectos.

Año 2015

Durante el año 2015 se registraron 20 fallas, de las cuales 15 fueron de por descargas atmosféricas que representan el 75% del total de fallas y 5 por fallas de origen interno que representan el 25%, las cuales produjeron el disparo de la LST a 69 kV Sacha – Orellana, como se muestra en la figura 3.15

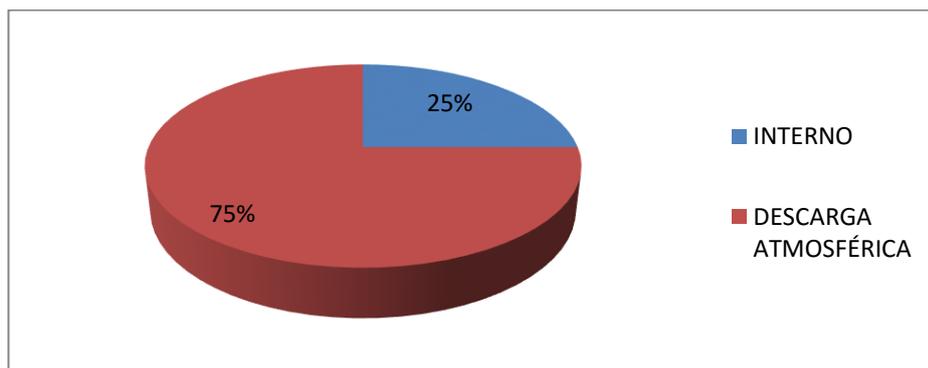


Figura 3.15. Fallas año 2015. (fuente autores)

Año 2016

Durante el año 2016 se registraron 13 fallas, de las cuales 9 fueron de por descargas atmosféricas que representan el 69.23% del total de fallas y 4 por fallas de origen interno que representan el 30.77%, las cuales produjeron el disparo de la LST a 69 kV Sacha – Orellana, como se muestra en la figura 3.16.

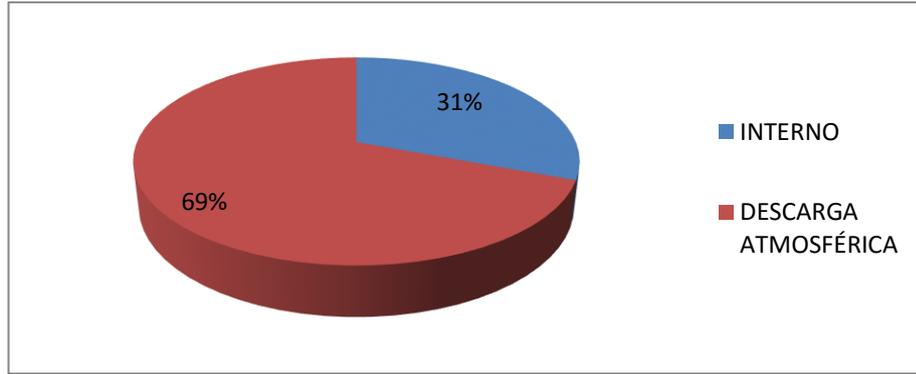


Figura 3.16. Fallas año 2016. (fuente autores)

Año 2017

Durante el año 2017 se registraron 12 fallas, de las cuales 8 fueron de por descargas atmosféricas que representan el 66.67% del total de fallas y 4 por fallas de origen interno que representan el 33.33%, las cuales produjeron el disparo de la LST a 69 kV Sacha – Orellana. Los valores estadísticos se presentan en la figura 3.17

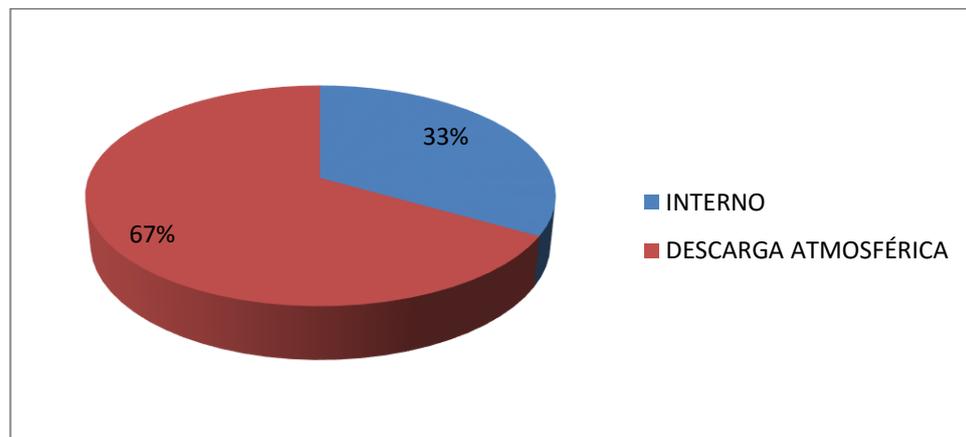


Figura 3.17. Fallas año 2017. (fuente autores)

Años 2015, 2016 y 2017

Durante los años 2015, 2016 y 2017 se registran un promedio anual de 15 fallas, de las cuales 11 son por descargas atmosféricas que representan el 73% del total de fallas y 4 por fallas de origen interno

que representan el 27%, estos porcentajes son presentados en la figura 3.18, las cuales producen el disparo de la LST a 69 kV Sacha – Orellana.

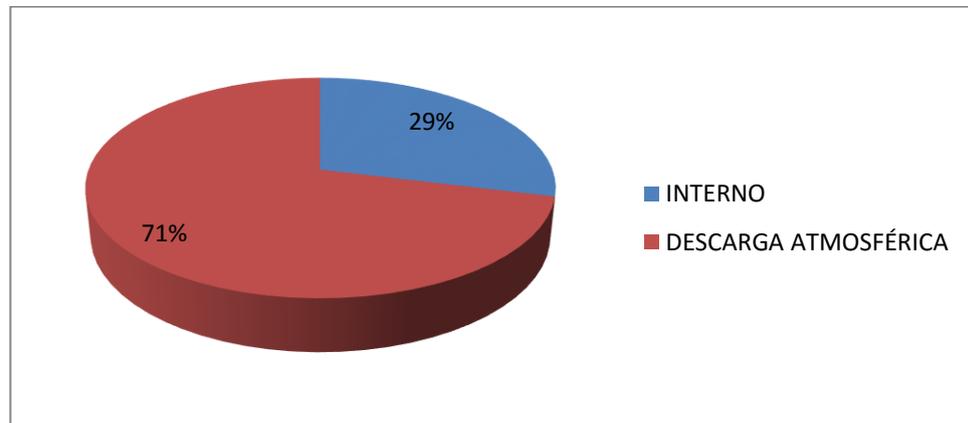


Figura 3.18. Fallas años 2015, 2016 y 2017. (fuente autores)

Como se puede verificar las 11 fallas registradas por el Centro de Control de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos durante los años 2015, 2016 y 2017, es debido a que en la LST Sacha – Orellana se obtiene un aproximado de 109 descargas atmosféricas según datos de precipitaciones contabilizadas por el INAMHI.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. TOMA DE DATOS EN CAMPO

La toma de datos en la LST Sacha – Orellana se la realizó de la siguiente forma:

4.1.1. RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

La medición de la resistencia de puesta a tierra en cada una de los postes que conforman la LST se la realiza con ayuda del personal técnico calificado de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos siguiendo los protocolos de seguridad. Para la medición de la resistencia se aplica el método de Wenner.

- a. Desconexión del conductor inferior del poste como se indica en la figura 4.1.



Figura 4.1. Desajuste del conductor inferior del poste. (fuente autores)

- b. Colocación de los electrodos del equipo en el terreno según el método de medición aplicable, tal como se muestra en la figura 4.2



Figura 4.2. Colocación de los electrodos en el terreno (fuente autores)

- c. Se ubica del equipo de medición en un lugar apropiado que permita se realizar las mediciones, según la figura 4.3.



Figura 4.3. Ubicación del equipo de medición. (fuente autores)

- d. Tendido de las pinzas del equipo de medición, y conexión de los electrodos, proceso mostrado en la figura 4.4.



Figura 4.4. Tendido de los conductores. (fuente autores)

- e. Conexión de la pinza en el conductor del SPAT como indica el equipo de medición, en la figura 4.5 se visualiza la conexión



Figura 4.5. Conexión de la pinza al conductor inferior del poste. (fuente autores)

- f. Medición de la resistencia de la puesta a tierra que posee cada uno de los postes de la LST. La pantalla permite visualizar la medición realizada y la misma se puede apreciar en la figura 4.6.



Figura 4.6. Medición de la resistencia de la puesta a tierra. (fuente autores)

En algunas puestas a tierra el valor medido es infinito, es decir no existe conductividad, por lo que se procede a excavar para verificar la conexión del conductor inferior de la puesta a tierra con la varilla copperweld, en la figura 4.7. se puede visualizar este trabajo.



Figura 4.7. Excavación. (fuente autores)

Se verifica la falta de conductividad producto de la oxidación. Esta oxidación se puede apreciar en las figura 4.8, 4.9 y 4.10.



Figura 4.8. Oxidación entre el conductor y la varilla copperweld. (fuente autores)



Figura 4.9. Conductor del SPAT oxidado. (fuente autores)



Figura 4.10. Conector copperweld oxidado. (fuente autores)

4.1.2. ANGULO DE APANTALLAMIENTO

La verificación del ángulo de apantallamiento se la realiza mediante la medición de las distancias en el eje de las ordenadas y abscisas del hilo de guarda, con ayuda del personal técnico calificado de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos siguiendo los siguientes protocolos.

- a. Se escala el poste en el cual se va a tomar las medidas, la estructura a ser analizada se muestra en la figura 4.12.



Figura 4.11. Escalada de poste. (fuente autores)

- b. En la figura 4.13 se visualiza el proceso de medición de las distancias en X y Y respecto del hilo de guarda.

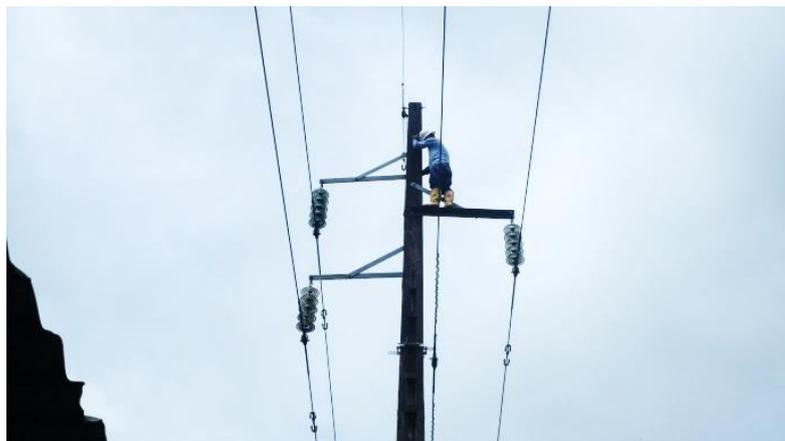


Figura 4.12. Medición de distancias en X y Y . (fuente autores)



4.2. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

El conductor Alumoweld # 2 AWG de 7 hilos inicialmente instalado, brinda un excelente resultado por sus características de conductividad muy similares a las de cobre al momento de evacuar las descargas atmosféricas; pero, con el pasar del tiempo sufre deterioro, debido a las variaciones drásticas de temperatura cuando se generan las descargas atmosféricas que producen el sobrecalentamiento del conductor a la altura del contacto con el conector y la varilla.

En el segmento donde se produce el sobrecalentamiento del conductor, se pierde el recubrimiento de aluminio quedando el acero expuesto, esto mezclado con el alto nivel de humedad del suelo que existe exclusivamente en la zona donde está construida la LST produce que el conductor se oxide más rápido, perdiendo la conductividad del SPAT.

De acuerdo a la investigación realizada, se ha encontrado un conductor que puede suplir a los conductores de cobre y Alumoweld, que es el conductor copperweld.

El conductor copperweld al igual que los conductores de cobre y Alumoweld está compuesto por varios hilos, donde cada hilo se conforma por un núcleo de acero con un revestimiento de cobre metalúrgicamente unido, lo cual combina la conductividad del cobre con la resistencia del acero.

El revestimiento del cobre en el conductor copperweld depende únicamente de la aplicación que se desea dar a este material, ya que en el mercado existe varios espesores de revestimientos que influyen en que la conductividad sea menor o mayor, es decir que mientras

mayor es el porcentaje que posee de cobre, mayor es la conductividad del conductor copperweld.

Tabla 4.1. Cuadro comparativo de características de conductividad. (fuente autores)

TIPO	CALIBRE	SECCIÓN	# DE HILOS	DIÁMETRO HILO	DIÁMETRO TOTAL	PESO TOTAL	RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20°	CAPACIDAD DE CORRIENTE 80°
MATERIAL	AWG	MM2		MM	MM	KG/KM	OHM/KM	AMPERIOS
COBRE DESNUDO	2	33.60	7	2.47	7.40	304	0.532	209
COPPERWELD 21%	2	36.88	7	2.59	7.77	293	2.230	133
COPPERWELD 30%	2	36.88	7	2.59	7.77	298	1.560	159
COPPERWELD 40%	2	36.88	7	2.59	7.77	302	1.170	184
COPPERWELD 53%	2	36.88	7	2.59	7.77	308	0.880	212
ALUMOWELD 20.3%	2	36.82	7	2.59	7.76	243	2.341	131
ALUMOWELD 30%	2	36.82	7	2.59	7.76	208	1.561	159
ALUMOWELD 40%	2	36.82	7	2.59	7.76	173	1.172	182
ALUMOWELD 47%	2	36.82	7	2.59	7.76	164	1.056	193
ALUMOWELD 53%	2	36.82	7	2.59	7.76	159	0.998	205

La tabla 4.1 es una recopilación de las características de los conductores de cobre, copperweld y Alumoweld, detallados en los anexos 1, 2 y 7; en la cual se puede visualizar que el conductor de cobre posee características que lo hacen mejor que el conductor copperweld y mas aún que el conductor Alumoweld en cuanto a conductividad y durabilidad; pero, económicamente el conductor de cobre es más costoso que el conductor copperweld y que el conductor Alumoweld, como se puede apreciar en la tabla 4.2. [16] [31] [17]



Tabla 4.2. Costos de los conductores. (fuente HIDALCON y El Contactor). Anexo 3 y 4

ITEM	MATERIAL	PRECIO (NO INCLUYE IVA) [USD]
1	Conductor cobre # 2 AWG	3.43
2	Conductor Alumoweld # 2 AWG 20%	0.67
3	Conductor copperweld # 2 AWG 40%	2.65

Al instaurar que las características técnicas son casi similares entre el conductor de cobre y el conductor copperweld al igual que los costos, la gran diferencia radica en que el conductor copperweld no es apetecible para el hurto, lo que implica que al no existir el hurto del conductor del SPAT, éste cumpla la función para la cual fue instalado, dando de ésta forma una mayor confiabilidad y estabilidad a la transmisión de energía y por ende a los usuarios que dependen de éste servicio.

Los conectores tipo grapa bulonada instalados actualmente, por el deterioro del conductor que se indica anteriormente, los conectores se encuentran flojos, y debido a la humedad presente en el suelo una gran parte se han deteriorado, influyendo directamente en la conductividad del SPAT.

Del análisis realizado al estado en el que se encuentran actualmente los conectores instalados en los SPAT de la LST, se establece que deben ser reemplazados por otro tipo de conectores que posean mejores características de conductividad y durabilidad en los SPAT, ya que, como se puede verificar los conectores de ajuste no brindan buenos resultados.

Actualmente los conectores que se utilizan en los SPAT son en su mayoría la suelda exotérmica, que en teoría es la que produce una mejor conexión frente al conector convencional, ya que el punto de conexión se une mediante la suelda, lo que no da lugar a que se genere un punto en caliente; pero, al momento de que se realiza la



suelda exotérmica de los materiales, dicha acción genera un sobrecalentamiento que provoca que tanto el conductor como la varilla pierdan sus propiedades de revestimiento en el punto donde se produjo la unión, quedando expuestos a la humedad, produciéndose la oxidación, provocando un deterioro más rápido del material.

Por lo que se establece que los conectores que se deben instalar son los de cobre de compresión tipo C, que son conectores compuestos de cobre, los cuales al momento de ser montados se los instala utilizando una fuerza de compresión superior a las 12 toneladas

En lo que concierne a las varillas copperweld, como se puede constatar, la mayoría se encuentran en buen estado, considerando que fueron cambiadas hace aproximadamente 11 años (según las estadísticas registradas por el personal técnico) donde además se realizó un mejoramiento del suelo utilizando cemento conductor.

4.3. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

Inicialmente en los SPAT de la LST se utilizaba el conductor de cobre # 2 AWG de 7 hilos, cuyas propiedades de conductividad son óptimas para los SPAT, pero debido a los hurtos registrados de éste conductor en la LST, se optó por cambiarlo a conductor Alumoweld # 2 AWG de 7 hilos.

Las personas que viven cerca de la LST en su mayoría son de bajos recursos económicos, una parte con un bajo nivel de educación y algunos afectados por vicios como el cigarrillo, alcohol, drogas, etc.; que, al momento de no disponer de los recursos económicos, optan por hurtarse el conductor especialmente de cobre de los SPAT de la LST.



Según los indicadores económicos mostrados en el sitio web tematicas.org el valor promedio de la tonelada de cobre en el año 2015 fue de 5,499.26, mientras que en el año 2016 fue de 4,866.05, en el año 2017 de 6,163.96 y en lo que va del año 2018 es de 6,930.21. [32]

Considerando un 20% por debajo de éstos valores, se puede determinar el costo promedio en el mercado negro de éste material por kg como se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Análisis de costos del cobre. [32]

AÑO	COSTO POR KG. MERCADO INTERNACIONAL [USD]	COSTO POR KG. MERCADO NEGRO [USD]
2015	5.50	4.40
2016	4.87	3.89
2017	6.16	4.93
2018	6.93	5.54

El costo del cobre en el mercado comercial es de USD 5.86, mientras que el promedio del costo del cobre en el mercado negro es de USD 4.69.

Por lo que se establece que el valor en el mercado negro es muy representativo para una persona de escasos recursos económicos y más aún cuando ésta se encuentra inmersa en los vicios, lo que hace del cobre unos de los principales elementos que son susceptibles al hurto de los SPAT de la LST Sacha – Orellana.

CAPÍTULO V: MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Para comprender la ejecución del manual de mantenimiento del SPAT de la LST, es necesario verificar en donde se encuentran ubicados e instalados cada uno de los elementos que componen el sistema, en la figura 5.1 se muestra su ubicación.

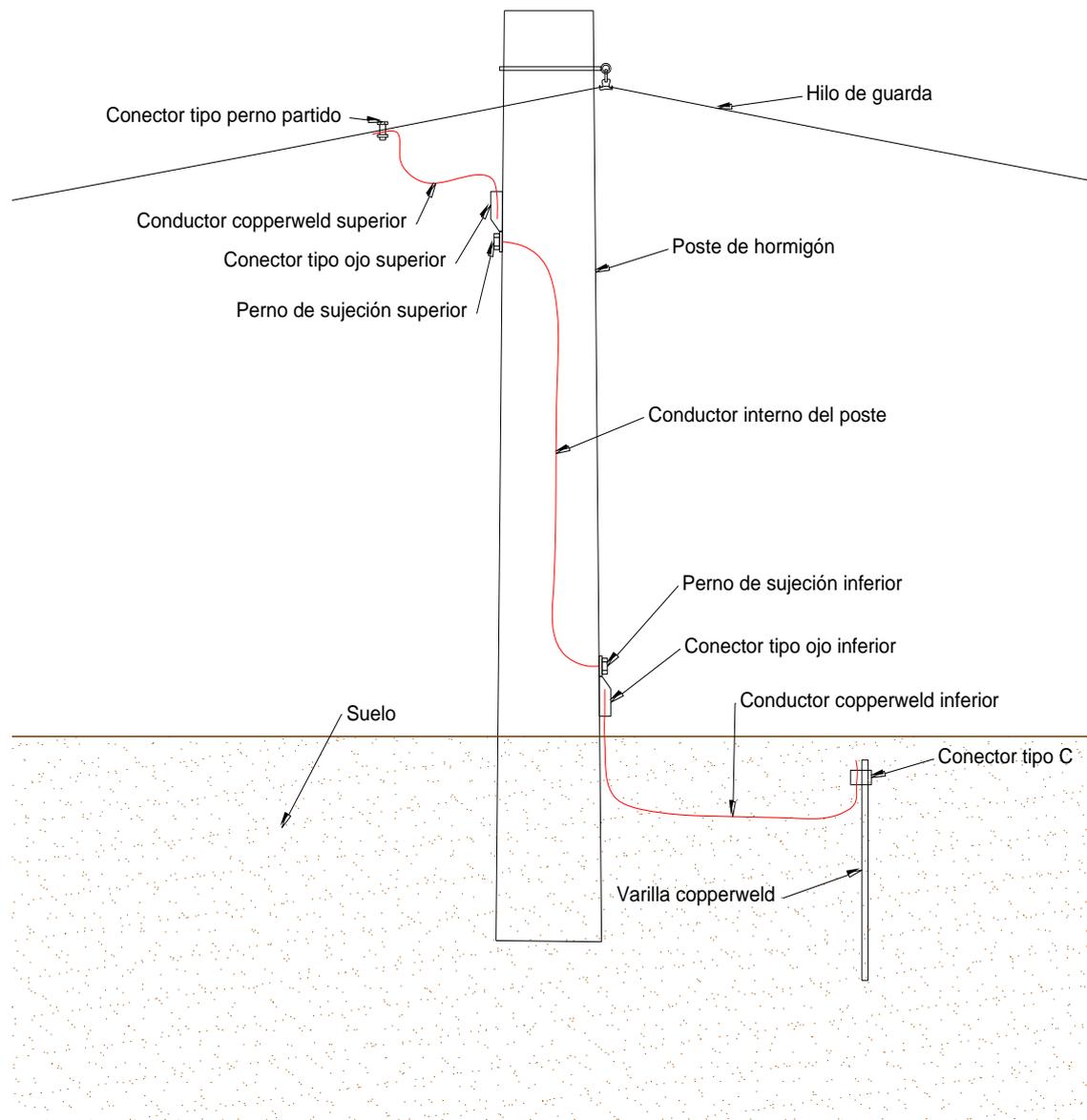


Figura 5.1. Sistema de puesta a tierra de la LST Sacha – Orellana. (fuente autores)



El manual de mantenimiento de SPAT en LST establece procesos generales de inicio y finalización de actividades; y de inicio y finalización del trabajo a realizarse. Estas actividades se encuentran resumidas en las tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4.

Tabla 5.1. Proceso de inicio de actividad. (fuente autores)

Inicio de la actividad
<ul style="list-style-type: none">- Diagnosticar: Con base al reporte de la inspección detallada de sistemas de puesta a tierra, se inicia el proceso para programar el tipo de mantenimiento a realizar según la falla encontrada.- Planificar: Una vez establecido el tipo de mantenimiento a realizar se verifica la disponibilidad del personal, materiales, herramientas, equipos, logística y condiciones climáticas que permitan ejecutar el mantenimiento programado, se procede a realizar la respectiva orden de trabajo.- Ejecutar: Se autoriza el inicio de la actividad programada por parte del Jefe de Líneas de Subtransmisión, en el cual se indica y recalca las normas de seguridad que se debe prever antes, durante y después del trabajo a realizar.

Tabla 5.2. Proceso de inicio de trabajo. (fuente autores)

Inicio del trabajo
<ul style="list-style-type: none">- Organización y control: El jefe de grupo es el responsable de verificar en el sitio de trabajo que todos los operadores o linieros utilicen el EPP, así como seguir y cumplir las normas de seguridad que garantice la normal ejecución de las labores detalladas en la orden de trabajo.

Tabla 5.3. Proceso de finalización de trabajo. (fuente autores)

Finalización del trabajo
<ul style="list-style-type: none">- Reporte: El jefe de grupo verifica la culminación del trabajo contrastando que se haya cumplido con lo establecido en la orden trabajo autorizada, procede a elaborar el respectivo reporte del trabajo, realizando el levantamiento de materiales detallados del sistema de puesta a tierra conjuntamente con las novedades registradas durante la ejecución del trabajo.

Tabla 5.4. Proceso de finalización de actividad. (fuente autores)

Finalización de la actividad
<ul style="list-style-type: none">- Orden de trabajo: El jefe de Líneas de subtransmisión analiza el reporte del trabajo realizado, el cumplimiento de las normas de seguridad, el estado del trabajo ejecutado y las novedades registradas y procede a la finalización de la orden.

Cada una de estas actividades son indispensables al inicio y finalización de cada uno de los mantenimientos.



5.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo en un SPAT, se lo realiza cada 6 meses en la LST Sacha – Orellana.

5.1.1. PROCEDIMIENTO

Se establece un mantenimiento preventivo en los SPAT en la LST detallado en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Mantenimiento preventivo. (fuente autores)

TIEMPO (AÑOS)	ACCIÓN	ANEXOS
6 MESES	Revisión de la línea en busca de posibles fallas	8
1	Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste de conectores tipo perno partido y tipo ojo superior	9
1	Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste del conector tipo ojo inferior	10
5	Cambio del conductor copperweld inferior, conectores tipo ojo inferior, tipo C y colocación de grasa conductiva en los conectores	11
10	Cambio del conductor copperweld superior, conectores tipo perno partido, tipo ojo superior y colocación de grasa conductiva	12
10	Reemplazo de varilla copperweld	13

Para la revisión semestral de la LST se utiliza el formulario que se muestra en la figura 5.2 y anexo 5.



UNIVERSIDAD DE CUENCA


CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO SUCUMBOS
 MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN 69KV
 REPORTE DE INSPECCIÓN DETALLADA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA
 

DEPARTAMENTO: TECNICO
SECCIÓN: SUBTRANSMISIÓN
TRAMO DE LINEA DE SUBTRANSMISION: SACHA - ORELLANA
JEFE DE LINEA DE SUBTRANSMISION: Ing. _____

JEFE DE GRUPO: SR. _____
GRUPO: 1
FECHA: 28/04/2018
CONDICIONES CLIMATICAS: Día _____

NUMERO DE POSTE:																				
ITEM	POSIBLE FALLA																			
1	Conector tipo perno partido																			
2	Conductor copperweld punta de poste																			
3	Conector tipo ojo superior																			
4	Perno superior del poste																			
5	Conductor interno del poste																			
6	Perno pie del poste																			
7	Conector tipo ojo pie de poste																			
8	Conductor copperweld inferior																			
9	Conector tipo C																			
10	Varilla copperweld																			
11	Conductividad interna del poste																			
12	Resistencia de la puesta a tierra																			
13	Resistividad del terreno																			

Formato: Polo Fernández - Oliver Loayza

ABREVIATURAS:
 Flojo: F
 Sulfatado: S
 Oxidado: O
 Roto: R
 Deteriorado: D
 No existe: N

ELABORADO POR: Sr. _____
JEFE DE GRUPO

REVISADO POR: Ing. _____
JEFE DE AREA

Figura 5.2. Formulario de inspección detallada. (fuente autores)

Una vez realizado los trabajos de mantenimiento preventivo se procede al levantamiento de materiales utilizados, aplicando el formulario que se muestra en la figura 5.3 y anexo 6.


CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO SUCUMBOS
 MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN 69KV
 LEVANTAMIENTO DE MATERIALES DETALLADOS EN SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA
 

DEPARTAMENTO: TECNICO
SECCIÓN: SUBTRANSMISIÓN
TRAMO DE LINEA DE SUBTRANSMISION: SACHA - ORELLANA
JEFE DE LINEA DE SUBTRANSMISION: Ing. _____

JEFE DE GRUPO: SR. _____
GRUPO: 1
FECHA: 03/05/2018
CONDICIONES CLIMATICAS: Día _____

NUMERO DE POSTE:																				
ITEM	POSIBLE FALLA																			
1	Conector tipo perno partido																			
2	Conductor copperweld																			
3	Conector tipo ojo																			
4	Perno de sujeción conector ojo																			
5	Grasa conductiva																			
6	Conector tipo C																			
7	Varilla copperweld																			
8	Fle acero inoxidable 3/4																			
9	Hebillas acero inoxidable 3/4																			
10																				
11																				
12																				
13																				

Formato: Polo Fernández - Oliver Loayza

Nota: Colocar la cantidad utilizada en cada poste

ELABORADO POR: Sr. _____
JEFE DE GRUPO

REVISADO POR: Ing. _____
JEFE DE AREA

Figura 5.3. Formulario de levantamiento de materiales detallado. (fuente autores)

El formulario de cantidad de materiales detallado que se muestra en la figura 5.3, sirve para llevar el registro exacto de los materiales utilizados en el campo y cuadrar con los materiales recibidos en bodega.

De las diferentes acciones registradas en el mantenimiento preventivo, se detallan las actividades relacionadas:

Tabla 5.6. Revisión de la línea en busca de posibles fallas. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza cada 6 meses y sirve para buscar posibles fallas en los SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Se procede a realizar la inspección visual del SPAT de cada uno de los postes de la LST, con la aplicación del formulario de inspección detallada. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formulario de inspección detallada <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Binocular - Cámara termográfica - Telurómetro - Multímetro - Cámara fotográfica - Llaves - Pala - Barra - Machete - Camioneta

Tabla 5.7. Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste de conectores tipo perno partido y tipo ojo superior. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza anualmente para garantizar la conductividad desde el hilo de guarda hasta el conductor interno del poste, mediante la limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector tipo perno partido y conector tipo ojo superior del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Ascenso a la parte superior del poste. - Desajuste y retiro de los conectores tipo perno partido y tipo ojo superior. - Pasada del machuelo en la rosca superior del poste. - Limpieza y colocación de grasa conductiva en los conectores y contactos. - Conexión y ajuste de los conectores tipo perno partido y tipo ojo superior. - Descenso del poste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP. - Llave de pico. - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Machete - Llaves - Camioneta

Tabla 5.8. Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste del conector tipo ojo inferior. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza anualmente para garantizar la conductividad entre el conductor interno del poste y el conductor copperweld inferior, mediante la limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector ojo inferior del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo inferior. - Pasada del machuelo en la rosca inferior del poste - Limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector y contacto. - Conexión y ajuste del conector tipo ojo inferior. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Machete - Camioneta

Tabla 5.9. Cambio del conductor copperweld inferior, conectores tipo ojo inferior, tipo C y colocación de grasa conductiva en los conectores. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza cada 5 años para garantizar la conductividad entre el conductor interno del poste y la varilla copperweld, mediante el cambio del conductor copperweld inferior, conector tipo ojo inferior y conector tipo C del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo inferior del poste. - Excavación en busca del conductor y varilla copperweld. - Corte del conductor existente en la varilla copperweld y retiro. - Medición y corte del nuevo conductor copperweld. - Machinado del conector tipo ojo en el conductor copperweld con grasa conductiva. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor y varilla copperweld. - Pasada de machuelo en la rosca inferior del poste. - Conexión del conector tipo ojo con la parte inferior del poste. - Ubicación del conductor en el suelo y cubrirlo con tierra. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Conductor copperweld - Conector tipo ojo - Conector tipo C <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Machinadora - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Cizalla - Alicata - Pala - Barra - Machete - Camioneta



Tabla 5.10. Cambio del conductor copperweld superior, conectores tipo perno partido, tipo ojo superior y colocación de grasa conductiva. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza cada 10 años para garantizar la conductividad entre el hilo de guarda y el conductor interno del poste del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Ascenso a la parte superior del poste. - Desajuste y desconexión de los conectores tipo perno partido y tipo ojo superior del poste - Medición y corte del nuevo conductor copperweld. - Machinado del conector tipo ojo en el conductor copperweld con grasa conductiva. - Pasada del machuelo en la rosca superior del poste. - Limpieza del contacto y colocación de grasa conductiva en los nuevos conectores y contactos. - Colocación, conexión y ajuste de los nuevos conectores. - Descenso del poste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Conductor copperweld - Conector tipo ojo - Conector tipo perno partido <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Machinadora - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Cizalla - Alicata - Machete - Camioneta

Tabla 5.11. Reemplazo de varilla copperweld. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza cada 10 años para garantizar la conductividad entre el conductor copperweld y la varilla copperweld, mediante el cambio de la varilla copperweld, conductor copperweld, conector tipo ojo inferior y conector tipo C del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo inferior del poste. - Excavación en busca del conductor y varilla copperweld. - Corte del conductor existente en la varilla copperweld y retiro. - Medición y corte del nuevo conductor copperweld. - Enterrar la nueva varilla copperweld. - Machinado del conector tipo ojo en el conductor copperweld con grasa conductiva. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor y varilla copperweld. - Pasada de machuelo en la rosca inferior del poste. - Conexión del conector tipo ojo con la parte inferior del poste. - Ubicación del conductor copperweld en el suelo y cubrirlo con tierra. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Conductor copperweld - Conector tipo ojo - Conector tipo C - Varilla copperweld <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Machinadora - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Cizalla - Alicata - Pala - Barra - Machete - Camioneta

5.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo, se realiza mediante la utilización de equipos que ayudan a verificar el estado en el que se encuentra el SPAT.

5.2.1. PROCEDIMIENTO

Se realiza la medición anualmente en los SPAT, en la cual se verifica mediante los datos de medición, el estado del SPAT con la verificación

de la conductividad del conductor y medida de la resistencia de la PT y resistividad del terreno, estas actividades están resumidas en la tabla 5.12.

Tabla 5.12. Mantenimiento predictivo. (fuente autores)

TIEMPO (AÑOS)	ACCIÓN	EQUIPO	ANEXOS
1	Verificación de la conductividad interna del poste	Multímetro	14
1	Medición de la resistencia de la puesta a tierra	Telurómetro	15
2	Medición de la resistividad del terreno	Telurómetro	16

Para poder establecer las posibles fallas en el SPAT se establecen mediante el cálculo, los valores máximos que se deben obtener en la verificación y medición:

- **Verificación de la conductividad interna del poste**

Debe existir conductividad interna del poste.

- **Medición de la resistencia de la puesta a tierra**

Según lo establecido por la normativa vigente, la resistencia máxima establecida para la resistencia de la puesta a tierra es 20 Ω .

- **Medición de la resistividad del terreno**

Una vez obtenida la medición de la resistividad del terreno se puede establecer lo siguiente:

- a. **Para 1 varilla.-** Despejando de la ecuación 2.5 el valor resistividad del terreno ρ , se obtiene la ecuación 5.1; se establecen los criterios para un SPAT conformado por 1 varilla copperweld con un radio a de 0.0078m y una longitud l de 3m, para una resistencia R máxima de 20 Ω .

$$\rho = \frac{2\pi l R}{\left(\ln \frac{2l}{a}\right) - 1} \quad (5.1)$$



Obteniendo el valor de la resistividad máxima del terreno para una varilla es de:

$$\rho = 66.7785 \Omega - m$$

- b. **Para 2 varillas.**- De la ecuación 2.6 el valor resistividad del terreno ρ , se obtiene la ecuación 5.2; se establecen los criterios para un SPAT conformado por 2 varillas copperweld con una longitud l de 3m, para una resistencia R máxima de 20Ω . Su radio equivalente A se lo obtiene de la ecuación 2.7 cuyo radio de la varilla copperweld a es de 0.0078m, con una separación S de 3m.

$$\rho = \frac{2\pi l R}{\left(\ln \frac{2l}{A}\right)} \quad (5.2)$$

Obteniendo el valor de la resistividad máxima del terreno para dos varillas de:

$$\rho = 102.7476 \Omega - m$$

- c. **Para contrapeso.**- De la ecuación 2.8 se obtiene la ecuación 5.3, con el que se puede calcular el valor resistividad del terreno ρ , para un SPAT conformado por 1 varilla copperweld con una longitud l de 3m, un contrapeso con un conductor #2 AWG de radio a 0.0039m, enterrado una profundidad d de 3m para una resistencia R máxima de 20Ω .

$$\rho = \frac{\pi l R}{\left(\ln \frac{2l}{\sqrt{4ad}}\right) - 1} \quad (5.3)$$

Obteniendo el valor de la resistividad máxima del terreno para cuando se utiliza contrapeso de:

$$\rho = 81.1502 \Omega - m$$

Por lo que se pueden establecer los resultados, con las fallas y soluciones, como se muestran en la tabla 5.13.

Tabla 5.13. Mediciones obtenidas. (fuente autores)

TIEMPO (AÑOS)	ACCIÓN	EQUIPO	DATOS OBTENIDOS	FALLAS Y SOLUCIÓN
1	Verificación de la conductividad interna del poste	Multímetro	Existe conductividad	OK
			No existe conductividad	Colocar el SPAT por fuera del poste
1	Medición de la resistencia de la puesta a tierra	Telurómetro	Resistencia menor o igual a 20 Ω	Ok
			Resistencia mayor a 20 Ω	Puntos de contacto oxidados
2	Medición de la resistividad del terreno	Telurómetro	Resistividad menor o igual a 66 Ω -m	Ok
			Resistividad mayor a 66 Ω -m y menor o igual que 81 Ω -m	Colocar contrapeso
			Resistividad mayor a 81 Ω -m y menor o igual a 102 Ω -m	Aumentar otra varilla
			Resistividad mayor a 102 Ω -m	Colocar cemento conductivo

De las diferentes acciones registradas en el mantenimiento predictivo, se detallan las actividades relacionadas:

Tabla 5.14. Verificación de conductividad interna del poste. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza anualmente para verificar la conductividad interna del poste del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Ascenso a la parte superior del poste. - Desajuste y desconexión de los conectores tipo ojo superior e inferior del poste. - Conexión de los cables del multímetro entre la parte superior, inferior del poste. - Verificación de la conductividad con el multímetro. - Desconexión y retiro de los cables y el multímetro. - Conexión y ajuste de los conectores tipo ojo superior e inferior del poste - Descenso del poste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Multímetro - Alicata - Machete - Camioneta

Tabla 5.15. Medición de la resistencia de la puesta a tierra. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza anualmente para medir la resistencia del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desconexión del conector tipo ojo inferior del poste. - Colocación de los electrodos según el método aplicable. - Conexión de los electrodos, cables y la puesta a tierra con el telurómetro. - Medición de la resistencia de la puesta a tierra. - Desconexión y retiro de los electrodos, cables y el telurómetro. - Conexión y ajuste del conector tipo ojo inferior del poste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Telurómetro - Alicata - Machete - Camioneta

Tabla 5.16. Medición de la resistividad del terreno. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza cada 2 años para medir la resistividad del terreno donde se encuentra el SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Colocación de los electrodos según el método aplicable. - Conexión de los electrodos y cables con el telurómetro. - Medición de la resistividad del terreno. - Desconexión de los electrodos y cables del telurómetro. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Telurómetro - Alicata - Machete - Camioneta

5.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo, se realiza mediante la aplicación del formulario de inspección detallada, el cual consta de una revisión generalizada de todos los elementos del SPAT.

Cuando existe una falla constante en el sistema se ejecuta inmediatamente la inspección detallada de todo el tramo donde se reporta los inconvenientes.

5.3.1. PROCEDIMIENTO

Inspección:

Se realiza el recorrido y la inspección en el tramo donde puede existir la posible falla, en la cual se examina cada una de las estructuras donde se encuentran los SPAT que componen la LST, la inspección se realiza con el formulario de inspección detallada de datos mostrado en la figura 5.2 y anexo 5.



Utilizando el formulario del anexo 5, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la tabla 5.17.

Tabla 5.17. Mantenimiento correctivo. (fuente autores)

ANOMALÍAS	POSIBLE FALLA
Conector tipo perno partido mal ajustado	Conector flojo por el tiempo de uso
Conector tipo ojo mal ajustado	Conector flojo por el tiempo de uso
Conector tipo perno partido sulfatado	Falta de grasa conductiva
Conector tipo ojo sulfatado	Falta de grasa conductiva
Conector tipo perno partido roto	Debido a una descarga atmosférica
Conector tipo ojo roto	Debido a una descarga atmosférica
No existe perno de ajuste del conector tipo ojo	Perno hurtado
Perno de ajuste del conector tipo ojo oxidado	Deterioro por el tiempo de uso
Conductor copperweld cortado	Manipulación externa del conductor
No existe conductividad en el conductor interno del poste	Deterioro del conductor interno del poste
Alta resistencia de la puesta a tierra	Conductor copperweld deteriorado
	Conector tipo C deteriorado
	Varilla copperweld deteriorada
	Alta resistividad del terreno

Ejecución:

Con la inspección realizada, se establece el estado de conectores, conductores y varillas de puesta a tierra para ser reemplazados forma planificada, como se muestra en la tabla 5.18.



Tabla 5.18. Posibles fallas y su acción. (fuente autores)

ANOMALÍAS	POSIBLE FALLA	ACCIÓN	ANEXOS
Conector tipo perno partido mal ajustado	Conector tipo perno partido flojo por el tiempo de uso	Reajuste del conector tipo perno partido	17
Conector tipo ojo mal ajustado	Conector tipo ojo flojo por el tiempo de uso	Reajuste del conector tipo ojo	18
Conector tipo perno partido sulfatado	Falta de grasa conductiva en el conector tipo perno partido y contacto	Limpieza del conector tipo perno partido y contacto	19
Conector tipo ojo sulfatado	Falta de grasa conductiva en el conector tipo ojo y contacto	Limpieza del conector tipo ojo y contacto	20
Conector tipo perno partido roto	Conector tipo perno partido roto debido a una descarga atmosférica	Reemplazo de conector tipo perno partido	21
Conector tipo ojo roto	Conector tipo ojo roto debido a una descarga atmosférica	Reemplazo de conector tipo ojo	22
No existe perno de ajuste del conector tipo ojo	Perno de ajuste hurtado	Reposición del perno de ajuste	23
Perno de ajuste del conector tipo ojo oxidado	Perno de ajuste deterioro por el tiempo de uso	Reemplazo del perno de ajuste	24
Conductor copperweld inferior cortado	Manipulación externa del conductor copperweld	Reemplazo del conductor copperweld	25
No existe conductividad interna en el poste	Deterioro del conductor interno del poste por descargas atmosféricas	Colocación de conductor copperweld externo	26
Alta resistencia de la puesta a tierra	Conductor copperweld inferior deteriorado	Reemplazo del conductor copperweld inferior	27
	Conector tipo C deteriorado	Reemplazo del conector tipo C	28
	Varilla copperweld deteriorada	Reemplazo de la varilla copperweld	29
	Alta resistividad del terreno	Colocación de contrapeso	30
		Colocación de una varilla copperweld adicional	31
		Mejoramiento del suelo con cemento conductivo	32

Cuando se finalizan los trabajos relacionados al mantenimiento correctivo se procede a detallar las cantidades de materiales utilizados en el formulario mostrado en la figura 5.3 y anexo 6, con lo cual se cuadran los materiales entregados en bodega con los utilizados en el campo.

De las diferentes acciones registradas en el mantenimiento correctivo, se detallan las actividades relacionadas:

Tabla 5.19. Conector tipo perno partido mal ajustado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el hilo de guarda y el conductor copperweld superior, mediante el reajuste del conector tipo perno partido del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Ascenso a la parte superior del poste - Desajuste y desconexión del conector tipo perno partido. - Limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector y contacto. - Conexión y ajuste del conector tipo perno partido. - Descenso del poste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Cepillo metálico - Multímetro - Machete - Camioneta

Tabla 5.20. Conector tipo ojo mal ajustado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el conductor copperweld y el conductor interno del poste, mediante el reajuste del conector tipo ojo del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo. - Pasada de machuelo en la rosca del poste - Limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector y contacto. - Conexión y ajuste del conector tipo ojo. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Cepillo metálico - Multímetro - Machuelo - Machete - Camioneta

Tabla 5.21. Conector tipo perno partido sulfatado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el hilo de guarda y el conductor copperweld superior, mediante la limpieza del conector tipo perno partido y contacto del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Ascenso a la parte superior del poste. - Desajuste y desconexión del conector tipo perno partido. - Limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector y contacto. - Conexión y ajuste del conector tipo perno partido. - Descenso del poste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Cepillo metálico - Multímetro - Machete - Camioneta

Tabla 5.22. Conector tipo ojo sulfatado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el conductor copperweld y el conductor interno del poste, mediante la limpieza del conector tipo ojo del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo. - Pasada de machuelo en la rosca del poste - Limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector y contacto. - Conexión y ajuste del conector tipo ojo. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Cepillo metálico - Multímetro - Machuelo - Machete - Camioneta



Tabla 5.23. Conector tipo perno partido roto. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none">- 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión.- 1 Jefe de grupo.- 4 Linieros.	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el hilo de guarda y el conductor copperweld superior, mediante el reemplazo del conector tipo perno partido del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none">- Inicio de la actividad.- Inicio del trabajo.- Ascenso a la parte superior del poste- Desajuste, desconexión y reemplazo del conector tipo perno partido.- Limpieza y colocación de grasa conductiva en el nuevo conector y contacto.- Conexión y ajuste del nuevo conector tipo perno partido.- Descenso del poste.- Finalización del trabajo.- Finalización de la actividad.	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none">- Grasa conductiva- Conector tipo perno partido <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none">- EPP- Llave de pico- Cámara- Cepillo metálico- Multímetro- Machete- Camioneta

Tabla 5.24. Conector tipo ojo roto. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el conductor copperweld y el conductor interno del poste, mediante el reemplazo del conector tipo ojo del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo. - Corte del conductor copperweld para el retiro del conector tipo ojo. - Pasada de machuelo en la rosca del poste - Limpieza y colocación de grasa conductiva en el nuevo conector y contacto. - Colocación y machinado del nuevo conector tipo ojo en el conductor copperweld. - Conexión y ajuste del nuevo conector tipo ojo. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Conector tipo ojo <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Cepillo metálico - Multímetro - Machuelo - Machinadora - Machete - Cizalla - Camioneta

Tabla 5.25. No existe perno de ajuste del conector tipo ojo. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el conductor copperweld y el conductor interno del poste, mediante la reposición del perno de ajuste del conector tipo ojo del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Pasada de machuelo en la rosca del poste. - Limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector y contacto. - Conexión y ajuste del conector tipo ojo mediante la reposición del perno de ajuste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Perno de ajuste <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Cámara - Cepillo metálico - Multímetro - Machuelo - Machete - Camioneta



Tabla 5.26. Perno de ajuste del conector tipo ojo oxidado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none">- 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión.- 1 Jefe de grupo.- 4 Linieros.	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el conductor copperweld y el conductor interno del poste, mediante el reemplazo del perno de ajuste del conector tipo ojo del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none">- Inicio de la actividad.- Inicio del trabajo.- Desajuste y desconexión del conector tipo ojo.- Pasada de machuelo en la rosca del poste.- Limpieza y colocación de grasa conductiva en el conector y contacto.- Conexión y ajuste del conector tipo ojo mediante el reemplazo del perno de ajuste.- Finalización del trabajo.- Finalización de la actividad.	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none">- Grasa conductiva- Perno de ajuste <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none">- EPP- Llave de pico- Cámara- Cepillo metálico- Multímetro- Machuelo- Machete- Camioneta

Tabla 5.27. Conductor copperweld inferior cortado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el conductor interno del poste y la varilla copperweld, mediante la reposición del conductor copperweld inferior del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo inferior del poste. - Excavación en busca del conductor y varilla copperweld. - Corte del conductor existente en la varilla copperweld y retiro. - Medición y corte del nuevo conductor copperweld. - Machinado del conector tipo ojo en el conductor copperweld con grasa conductiva. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor copperweld y varilla copperweld. - Pasada de machuelo en la rosca inferior del poste. - Conexión del conector tipo ojo con la parte inferior del poste. - Ubicación del conductor en el suelo y cubrirlo con tierra. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Conductor copperweld - Conector tipo ojo - Conector tipo C <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Machinadora - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Cizalla - Alicata - Pala - Barra - Machete - Camioneta

Tabla 5.28. No existe conductividad interna en el poste. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre el hilo de guarda y la varilla copperweld, mediante el reemplazo del conductor interno del poste del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Ascenso a la parte superior del poste. - Desconexión de los conectores perno partido y perno ojo superior e inferior. - Retiro del conductor copperweld superior. - Excavación en busca del conductor y varilla copperweld. - Corte del conductor existente en la varilla copperweld y retiro. - Medición y corte del nuevo conductor copperweld desde el hilo de guarda a la varilla copperweld. - Tendido y ajuste del conductor copperweld en la parte exterior del poste. - Conexión del conductor copperweld con el hilo de guarda y el perno partido. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor copperweld y varilla copperweld. - Ubicación del conductor en el suelo y cubrirlo con tierra. - Descenso del poste. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Conductor copperweld - Conector tipo C - Fleje - Hebillas <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Machinadora - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Cizalla - Alicata - Pala - Barra - Machete - Cabo de servicio - Camioneta - Sunchadora

Tabla 5.29. Alta resistencia de la puesta a tierra – Conductor copperweld inferior deteriorado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre conductor interno del poste y la varilla copperweld, mediante el reemplazo del conductor copperweld inferior del poste del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Desajuste y desconexión del conector tipo ojo inferior del poste. - Excavación en busca del conductor y varilla copperweld. - Corte del conductor existente en la varilla copperweld y retiro. - Medición y corte del nuevo conductor copperweld. - Machinado del conector tipo ojo en el conductor copperweld con grasa conductiva. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor y varilla copperweld. - Pasada de machuelo en la rosca inferior del poste. - Conexión del conector tipo ojo con la parte inferior del poste. - Ubicación del conductor en el suelo y cubrir con tierra. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grasa conductiva - Conductor copperweld - Conector tipo ojo - Conector tipo C <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Llave de pico - Machinadora - Cámara - Machuelo - Cepillo metálico - Multímetro - Cizalla - Alicata - Pala - Barra - Machete - Camioneta



Tabla 5.30. Alta resistencia de la puesta a tierra – Conector tipo C deteriorado. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none">- 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión.- 1 Jefe de grupo.- 4 Linieros.	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre conductor copperweld inferior del poste y la varilla copperweld, mediante el reemplazo del conector tipo C del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none">- Inicio de la actividad.- Inicio del trabajo.- Excavación en busca del conductor y varilla copperweld.- Limpieza del contacto entre la varilla y el conductor copperweld- Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor y varilla copperweld.- Ubicación del conductor en el suelo y cubrir con tierra.- Finalización del trabajo.- Finalización de la actividad.	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none">- Grasa conductiva- Conector tipo C <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none">- EPP- Machinadora- Cámara- Cepillo metálico- Multímetro- Alicates- Pala- Barra- Machete- Camioneta



Tabla 5.31. Alta resistencia de la puesta a tierra – Varilla copperweld deteriorada.
(fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none">- 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión.- 1 Jefe de grupo.- 4 Linieros.	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para garantizar la conductividad entre conductor copperweld inferior del poste y la varilla copperweld, mediante el reemplazo de la varilla copperweld del SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none">- Inicio de la actividad.- Inicio del trabajo.- Excavación en busca del conductor y varilla copperweld.- Corte del conductor copperweld existente en la varilla copperweld.- Enterrado de la nueva varilla copperweld.- Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor copperweld y la nueva varilla copperweld.- Ubicación del conductor copperweld en el suelo y cubrirlo con tierra.- Finalización del trabajo.- Finalización de la actividad.	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none">- Grasa conductiva- Varilla copperweld <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none">- EPP- Machinadora- Cámara- Cepillo metálico- Multímetro- Cizalla- Alicata- Pala- Barra- Machete- Camioneta

Tabla 5.32. Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 66 Ω -m y 81 Ω -m, colocación de contrapeso. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para disminuir la resistencia del SPAT, mediante la instalación de un contrapeso en el SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Excavación en busca de la varilla copperweld. - Excavación desde la varilla la distancia de separación y profundidad del contrapeso. - Medición y corte del conductor copperweld del contrapeso. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor de contrapeso y varilla copperweld. - Enterrado del conductor del contrapeso - Cubierta con tierra la varilla copperweld, el contrapeso y compactado. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conductor copperweld - Conector tipo C <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Cámara - Pala - Barra - Machete - Machinadora - Excavadora - Alicata - Cizalla - Camioneta

Tabla 5.33. Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 81 Ω -m y 102 Ω -m, incremento de 1 varilla copperweld. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para disminuir la resistencia del SPAT, mediante la instalación de una varilla copperweld adicional en el SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Excavación en busca de la varilla copperweld. - Excavación desde la varilla la distancia de separación de la nueva varilla copperweld. - Medición y corte del conductor copperweld. - Enterrado de la nueva varilla copperweld. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor copperweld y varilla copperweld existente. - Machinado del conector tipo C, con grasa conductiva, conductor copperweld y varilla copperweld adicional. - Enterrado del conductor copperweld - Cubierta con tierra las varillas copperweld, el conductor y compactado. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Varilla copperweld - Conectores tipo C - Conductor copperweld <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Cámara - Pala - Barra - Machete - Machinadora - Excavadora - Alicata - Cizalla - Camioneta

Tabla 5.34. Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno – mayor a 102 Ω -m, mejoramiento del suelo con cemento conductor. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros. 	<p>Esta actividad se la realiza inmediatamente dependiendo de la disponibilidad y luego de haber sido reportada, para disminuir la resistencia del SPAT, mediante la implementación de cemento conductor en el SPAT de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Excavación en busca de la varilla copperweld. - Excavación al contorno de la varilla con un radio de 20 cm y profundidad de 1.5 m. - Mezclado del cemento conductor con agua según el fabricante. - Vertido y llenado con la mezcla el contorno de la varilla copperweld. - Cubrir con tierra la varilla copperweld y compactado. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cemento conductor - Agua <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Cámara - Multímetro - Pala - Barra - Machete - Excavadora - Balde - Camioneta

5.4. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL SPAT EN LA LST SACHA – ORELLANA.

Dentro de las actividades complementarias para obtener una máxima protección de la LST frente a las descargas atmosféricas es el mejoramiento del ángulo de apantallamiento y la correcta colocación del SPAT.

5.4.1. MEJORAMIENTO DEL ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO.

De todos los datos registrados respecto al ángulo de apantallamiento en la LST Sacha – Orellana, es necesario e indispensable mejorar el ángulo de apantallamiento mediante un mantenimiento correctivo, ya que actualmente se encuentra sobre los 30° que es el ángulo máximo normado para LST a 69 kV.

Antes de la ejecución del trabajo, dentro del diagnóstico y la planificación, se debe tomar en cuenta que para aumentar la altura del hilo de guarda y cumplir con la normativa, es necesario construir un mástil como se muestra en la figura 5.4 Y 5.5 de acuerdo a la nueva altura que se desea colocar el hilo de guarda en base a los datos registrados en cada uno de los postes que constan en la tabla 3.4.

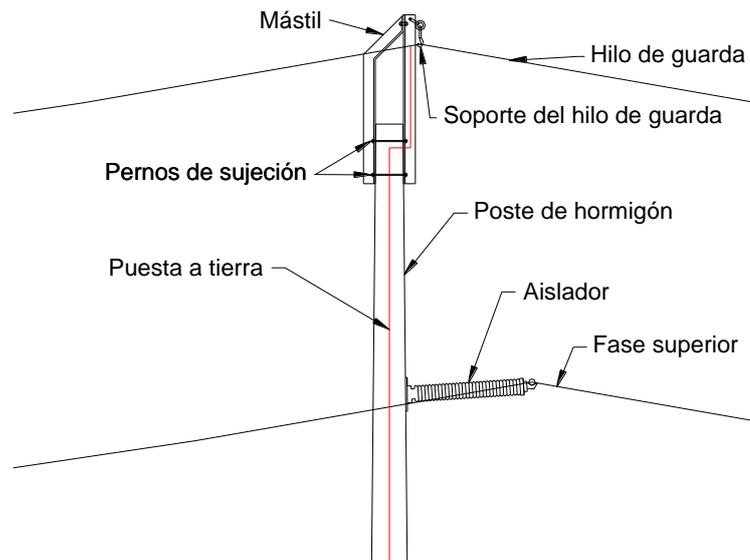


Figura 5.4. Mástil proyectado del hilo de guarda. (fuente autores)

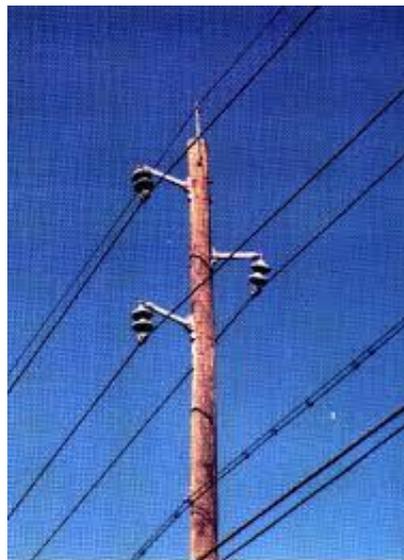


Figura 5.5. Mástil del hilo de guarda. (fuente autores)

Se establece la actividad a realizar para mejorar el ángulo de apantallamiento como se muestra en la tabla 5.35, mientras que el proceso se puede visualizar en el anexo 33.

Tabla 5.35. Mejoramiento del ángulo de apantallamiento. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros 	<p>Esta actividad se la realiza para mejorar el ángulo de apantallamiento de la LST Sacha – Orellana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad - Inicio del trabajo - Ascenso del poste hasta la parte superior - Reubicación provisional del hilo de guarda. - Retiro del perno que ancla el hilo de guarda. - Colocación del mástil previamente establecido con base a la altura que se debe corregir para lograr un ángulo de apantallamiento de 30°. - Instalación del soporte del hilo de guarda en la punta del mástil instalado. - Reubicación del hilo de guarda en el soporte del mástil instalado. - Ajuste del hilo de guarda en el nuevo soporte. - Descenso del poste. - Finalización del trabajo - Finalización de la actividad 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mástil. - Pernos de sujeción. - Soporte del hilo de guarda. <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Multímetro - Cámara fotográfica - Machete - Llaves - Cabo de servicio - Camioneta

5.4.2. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Haciendo un análisis del manual de mantenimiento de los SPAT en la LST Sacha – Orellana se puede deducir la metodología mas adecuada para la instalación de un SPAT en una LST como se visualiza su actividad en la tabla 5.36, mientras que su proceso se establece en el anexo 34.

Tabla 5.36. Instalación de un SPAT en una LST. (fuente autores)

PERSONAL	ACTIVIDAD	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de Líneas de Subtransmisión. - 1 Jefe de grupo. - 4 Linieros 	<p>Esta actividad es para realizar la instalación de un SPAT en una LST.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio de la actividad. - Inicio del trabajo. - Medición de la resistividad del terreno (dependiendo del resultado, aplicar lo detallado en los anexos 30,31 y 32). - Ascenso del poste hasta la parte superior. - Medición y corte del conductor copperweld superior desde el hilo de guarda hasta la punta del poste. - Machinado del conector tipo ojo en una punta del conductor copperweld superior. - Conexión y ajuste del hilo de guarda con el conductor copperweld utilizando el conector tipo perno partido. - Conexión y ajuste del conector tipo ojo con la punta del poste. - Descenso del poste. - Enterrado de la varilla copperweld. - Medición y corte del conductor copperweld inferior desde el pie del poste a la varilla copperweld. - Machinado del conector tipo ojo en una punta del conductor copperweld inferior. - Machinado del conector tipo C con el conductor copperweld inferior y la varilla copperweld. - Conexión y ajuste del conector tipo ojo con el pie del poste. - Cubierta con tierra y compactado del conductor copperweld inferior y la varilla copperweld. - Finalización del trabajo. - Finalización de la actividad. 	<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conector tipo perno partido - Conectores tipo ojo - Pernos de sujeción - Conductor copperweld - Conector tipo C - Varilla copperweld <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPP - Multímetro - Telurómetro - Cámara fotográfica - Machete - Machinadora - Cepillo metálico - Llaves - Cizalla - Alicata - Barra - Pala - Excavadora - Cabo de servicio - Camioneta



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Las condiciones climáticas conjuntamente con las descargas atmosféricas propias de la zona, contribuyen de una manera significativa al deterioro de los SPAT, por lo que es necesario realizar una inspección periódica acompañada de un correcto y planificado mantenimiento.
- Desde el punto de vista técnico-económico y socioeconómico, se establece que el conductor que se debe instalar en los SPAT de la LST Sacha – Orellana es el conductor copperweld por su alta conductividad muy similar al cobre y principalmente por su composición que minimiza el hurto, ya que en el mercado negro no tiene ningún valor significativo.
- Para la instalación de un SPAT en una LST es indispensable conocer el valor de la resistividad que tiene el terreno donde se va a implantar la misma, ya que el valor de la resistividad puede variar de acuerdo a los factores ya anotados. Los elementos que componen el SPAT, tienen un aporte en el valor de la resistencia de la PT, lo que puede variar dependiendo la composición de los mismos.
- En un suelo donde se presenta una resistividad relativamente baja, se posee una mayor ventaja para la colocación de un PT por su baja resistencia que daría como resultado al momento de instalarla; pero también resulta ser el más agresivo contra el acero que está presente por encima del 90% en los elementos de la PT que van a estar implementados.



- Los altos valores de resistencia de la PT en el pie del poste, se debe a la poca conductividad existente entre la varilla y el conductor Alumoweld, debido a los cambios bruscos de temperatura producto de las descargas atmosféricas evacuadas, lo que ocasionó el desgaste del recubrimiento de estos elementos y por ende su oxidación.
- El hilo de guarda brinda la máxima protección contra las descargas atmosféricas a las fases de una LST, siempre y cuando el ángulo de apantallamiento sea igual o menor a 30° ; pero si se tiene un SPAT cuya resistencia es demasiado elevada, provoca un flameo inverso en los aisladores y por ende se produce la falla del sistema.
- En los postes donde existe la estructura bandera de retención (ETN-3BR) el hilo de guarda se encuentra sobre las fases, formando un ángulo de apantallamiento ideal (0°) lo que resulta ser la protección más perfecta frente a las descargas de origen atmosférico.
- Un mantenimiento preventivo del SPAT de la LST, es indispensable para mantener la estabilidad de la LST, ya que al tener una programación bien planificada, se está garantizando el correcto funcionamiento de la PT y por ende de la LST.
- Al momento de realizar un mantenimiento predictivo del SPAT, se puede obtener valores dentro de los rangos establecidos, que permita diagnosticar posibles fallas en el SPAT, que a futuro influyen directamente en la estabilidad de la LST.
- Cuando se utiliza el formulario de inspección detallada semestralmente o cuando se registran posibles fallas en la LST, se



puede obtener el diagnóstico preciso y detallado del estado del SPAT, para su mantenimiento correctivo inmediato, evitando fallas por descargas de origen atmosférico.



Recomendaciones:

- Utilizar elementos de acero recubiertos de estaño en conectores y pernos para evitar la sulfatación, oxidación y por ende la conductividad de los SPAT.
- Colocar en los SPAT conductores y varillas de acero recubiertos de cobre con el fin de minimizar los hurtos de éstos materiales como se describió en el desarrollo del proyecto.
- Realizar el mejoramiento del suelo en varias estructuras de la LST Sacha – Orellana donde se registran elevadas resistividades mediante la utilización de cemento conductor.
- Mejorar el ángulo de apantallamiento en los postes donde se registra que el ángulo es superior a 30° , mediante la colocación de herrajes en la punta del poste que aumenten la altura del hilo de guarda.
- Antes de realizar la instalación de un SPAT se debe medir la resistividad del terreno donde va a ser instalada, ya que ésta influye directamente en la resistencia de la PT, lo que resulta ser una de las principales razones para que una PT no cumpla con los valores de resistencia establecidos por las normas de construcción de LST.
- Establecer un cronograma detallado de mantenimiento tanto preventivo como predictivo y correctivo en todas las LST pertenecientes a la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos para minimizar las fallas relacionadas con descargas de origen atmosférico.



- Elaborar un plan piloto de mantenimiento de SPAT aplicable inicialmente en todas las LST, de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos, luego ampliarse al mantenimiento de SPAT en las subestaciones, continuando con las redes de Distribución en medio voltaje, transformadores de distribución y finalmente con los SPAT colocados en los sistemas de medición.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Geraldina T. Golup, "Tormentas Eléctricas, Rayos y Pararrayos," Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Física III 2002.
- [2] R. Ruelas and Gomez. (2010, Julio) Puesta a Tierra de Protección Atmosférica. [Online]. <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe50.html>
- [3] Nataly Mercedes Correa Vallejo, *Diseño del Apantallamiento Contra Descargas Atmosféricas en Líneas de Transmisión con Ayuda de un Programa Computacional*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2011. [Online]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4094>
- [4] Edison Orbea. (2017) El Estudiante Electromecánico. [Online]. <http://elestudianteelectromecanico.blogspot.com/2015/09/mapa-isoceraunico-del-ecuador.html>
- [5] El Telégrafo. (2018, Enero) www.eltelegrafo.com.ec. [Online]. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/un-promedio-108-200-rayos-cae-en-el-ecuador-en-enero>
- [6] Frank Bustamante, "Métodos para Determinar Salidas de Líneas Aéreas por Fallas de Apantallamiento ante Descargas Atmosféricas," *Ciencia e Ingeniería*, vol. 22, no. 2, 2001.
- [7] Jaima León Ortiz. (2012, Abril) GAMMA. [Online]. <http://www.gamma.com.co/puesta-a-tierra-de-lineas-de-transmision/>
- [8] IndiaMART InterMESH Ltd. (1996 - 2018) dir.indiamart.com. [Online]. <https://dir.indiamart.com/impcat/line-tap.html>
- [9] CASA CABY. (2016) CASA CABY. [Online]. <https://casacaby.wixsite.com/casacaby/electricidad>
- [10] TODOHERRAJES S.A.S. (2016) TODOHERRAJES. [Online]. <https://www.todoherrajessas.com/?lightbox=dataltm-ifsq525t2>
- [11] Grainger S.A. de C.V. (2000 -2018) www.grainger.com.mx. [Online]. <https://www.grainger.com.mx/producto/BURNDY-Abraza-Varilla-Pue-a-Tierra%2CAlea-d-Cobre/p/22A964>



- [12] CONELECTRIC. (2017) CONELECTRIC. [Online].
<https://conelectric.cl/catalogo/10884.jpeg>
- [13] Intelli Indústria de Terminais Elétricos LTDA. (2018) <http://www.intelli.com.br>. [Online]. <http://www.intelli.com.br/es/productos/conectores/conectores-a-compresion/conector-para-compresion-de-cobre/99>
- [14] Electric Supply Company. (2009 - 2018) www.cesco.com. [Online].
<https://www.cesco.com/images/products/Burndy/YGHP29C29.jpg>
- [15] IMELEC. (2016) IMELEC. [Online].
<http://www.imelec.ec/web/es/productos/6/elementos-puesta-a-tierra>
- [16] AFL. (2008 - 2011) www.AFLglobal.com. [Online].
<https://www.aflglobal.com/productlist/Product-Lines/Fiber-Optic-Cable/Alumoweld-Aluminum-Clad-Steel-for-Antenna-Use/doc/Alumoweld-Wire-and-Strand.aspx>.
- [17] COPPERSTEEL. (2018) www.coppersteel.com.br. [Online].
<http://www.coppersteel.com.br/es/catalogo>.
- [18] Franky Esteban Bedoya Lora, "Corrosión en Suelos," Universidad de Antioquia, Antioquia, Académico 1,.
- [19] ÁREA DE INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN. (2008, Mayo) EPM. [Online].
<https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro de documentos/proveedores y contratistas/normas y especificaciones/normas aereas/grupo 6 Normas de montajes complementarios/RA6-015MEDIDADERESISTENCIA V3.pdf>
- [20] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2013, Mayo) Unidades de Propiedad. [Online]. www.unidadesdepropiedad.com
- [21] Herramientas Técnicas. (2018) www.hetsa.com.mx. [Online].
<https://hetsa.com.mx/producto/bandola-de-nylon-para-liniero-seguro-doble/>
- [22] MAFEPE. (2018) www.mafepe.com. [Online].
<https://www.mafepe.com/es/guantes-de-seguridad-crapa>



- [23] MEGABRAS. (2018, Enero) MEGABRAS. [Online]. <https://www.megabras.com/es/productos/teluometro/teluometro-digital-EM4056.php>
- [24] TrialBikes S.L. (2009-2017) www.trial-bikes.com. [Online]. <https://www.trial-bikes.com/llave-inglesa-6-msc-p-537378.html>
- [25] Linio México. (2018) www.linio.com.mx. [Online]. <https://www.linio.com.mx/p/flexo-metro-de-8-m-contra-impactos-truper-14579-jpl1vz>
- [26] TARINGA. (2018) www.taringa.net. [Online]. <https://www.taringa.net/posts/info/19113404/Como-usar-una-pala.html>
- [27] CEMBRE. (2018) www.cembre.com. [Online]. <http://www.cembre.com/product/details/38698>
- [28] GRUPO URREA. (2018) tienda.urrea.com. [Online]. <http://tienda.urrea.com/Catalogo/es/urrea/JMC1420-Juego-de-3-machuelos-de-acerode-alta-velocidad-1420NC>
- [29] INECEL, *Normas para Diseño de Líneas de Subtransmisión a 69 kV*, 1st ed. Quito, Ecuador, 1985.
- [30] INAMHI. (2015 - 2016 - 2017) www.serviciometeorologico.gob.ec. [Online]. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/>
- [31] General Cable COCESA. (2018) www.generalcable.cl. [Online]. <https://cdn.generalcable.com/assets/documents/LATAM%20Documents/Ecuador%20Site/Productos/Alambr%C3%B3n/Cables-y-alambres-desnudos.pdf?ext=.pdf>.
- [32] TEMATICAS.ORG. (2018) TEMATICAS.ORG. [Online]. <https://tematicas.org/indicadores-economicos/economia-internacional/precios/precio-cobre>
- [33] Horacio Torres and Danny Avila. (2000, Octubre) Universidad Nacional de Colombia. [Online]. www.unal.edu.ec
- [34] Horacio Torres Sanchez. (2002) Unibiblos.



- [35] Julián Moreno Clemente, *Instalaciones de Puesta a Tierra en Centros de Transformación*. Málaga, España: Asociación de Abastecimientos de Agua y Saneamientos de Andalucía (A.S.A), 1991.
- [36] Ignacio Argulleiro and Miguel Lozano Martínez, *Técnicas Modernas para la Medición de Sistemas de Puesta a Tierra en Zonas Urbanas*. Carácas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 2005.
- [37] INECEL, *Estructuras Tipo para Líneas de Subtransmisión a 69 kV*, 1st ed. Quito, Ecuador: Asociación Escuela de Ingeniería Eléctrica, 1985.
- [38] Carlos Raúl Tasipanta S., *Estudio e Implementación de Sistemas de Protección Contra Descargas Atmosféricas y Puestas a Tierra de Protección de la Compañía "HELMERICH AND PAYNE DEL RIG 132"*. Latacunga, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, 2002.
- [39] Juan A. Velazco Martínez and Ferley Castro Aranda, "Análisis de Sobretensiones de Origen Atmosférico en Líneas Aéreas de Transporte," *Revista Iberoamerica del ATP*, vol. 4, no. 1, 2002.
- [40] Miguel Martinez Lozano. (2014, Abril) SCIELO. [Online]. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012014000100007&script=sci_arttext&tlng=pt
- [41] Obed Jimenez, Arturo Conde, and Manuel Vicente Cantú, *Líneas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica*. Nuevo León: Universidad San Nicolás, 2006.
- [42] INDUSTRIAL S.A. DE C.V. (2018) REELEC. [Online]. <http://reelec.com.mx/producto>
- [43] BORDER STATES. (2017) BORDERSTATES. [Online]. <https://www.borderstates.com/Catalog/2C/2C73/USAL00001>
- [44] SITME. (2018) SITMECOPPERWELD. [Online]. <http://sitmecopperweld.com/>
- [45] CNEL EP. (2016) www.cnelep.gob.ec. [Online]. <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/ESTUDIOS-4.pdf>
- [46] Edwin Orlando Neto Chusin, "Mantenimiento Industrial," Macas, 2008.



[47] S. García Garrido, "Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial," Madrid, 2012.

ANEXOS:

Anexo 1: Características de conductores de cobre. [31]

CABLES DE COBRE DESNUDO CLASE B - ASTM B8							
Calibre	Sección nominal	Nº de hebras	Diámetro nominal de la hebra	Diámetro total aprox.	Peso total aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 20 °C	Capacidad de corriente con Temp. del conductor a 80 °C
AWG o kcmil	mm ²		mm	mm	kg/km	Ω/km	A
6	13,3	7	1,55	4,7	120	1,35	124
4	21,2	7	1,96	5,9	192	0,847	155
2	33,6	7	2,47	7,4	304	0,532	209
1	42,4	19	1,69	8,5	386	0,425	242
1/0	53,5	19	1,89	9,5	483	0,335	282
2/0	67,4	19	2,13	10,7	614	0,266	329
3/0	85,0	19	2,39	11,9	773	0,211	382
4/0	107	19	2,68	13,4	972	0,167	444
250	127	37	2,09	14,6	1.151	0,142	494
350	177	37	2,47	17,3	1.608	0,101	556
500	253	37	2,95	20,6	2.293	0,0709	773
750	380	61	2,82	25,4	3.455	0,0471	1000
1000	507	61	3,25	29,3	4.589	0,0355	1.193

Los valores aquí indicados son aproximados y están sujetos a tolerancias de fabricación.

CABLES DE COBRE DESNUDO MILIMÉTRICOS CLASE 2 - IEC 60228						
Sección nominal	Nº de hebras	Diámetro nominal de la hebra	Diámetro total aprox.	Peso total aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 20 °C	Capacidad de corriente
mm ²		mm	mm	kg/km	Ω/km	A
16	7	1,71	5,1	146	1,15	131
25	7	2,13	6,4	226	0,727	167
35	7	2,52	7,6	317	0,524	209
50	19	1,83	9,2	453	0,387	258
70	19	2,17	10,8	637	0,268	324
95	19	2,52	12,6	859	0,193	406
120	37	2,03	14,2	1.086	0,153	471
150	37	2,27	15,9	1.357	0,124	532
240	61	2,24	20,1	2.180	0,0754	734
500	61	3,23	29,1	4.532	0,0366	1.172

NOTA: Capacidades de corriente de acuerdo a tabla 310.21 del código eléctrico NEC, para una temperatura ambiente de 40 °C y una velocidad del viento de 610 mm/s.

Los valores aquí indicados son aproximados y están sujetos a tolerancias de fabricación.



Anexo 2: Características de conductores Alumoweld. [16]

ALUMOWELD STRAND ASTM B-416												
NUMBER & SIZE OF WIRES	NOMINAL WIRE DIAMETER		NOMINAL STRAND DIAMETER		BREAKING LOAD		WEIGHT		RESISTANCE		CROSS SECTION	
	AWG	IN	MM	IN	MM	LB	KG	LB/1000 FT	KG/ KM	OHMS/1000 FT@68°F	OHMS/ KM@20°C	SQ IN
37 No. 6	0.1620	4.115	1.130	28.80	120,200	54,500	2222.00	3307.0	0.05356	0.1757	0.76264	492.20
37 No. 7	0.1443	3.665	1.010	25.70	100,700	45,690	1762.00	2623.0	0.06754	0.2216	0.60509	390.30
37 No. 8	0.1285	3.264	0.899	22.90	84,200	38,190	1398.00	2080.0	0.08516	0.2794	0.47984	309.50
37 No. 9	0.1144	2.906	0.801	20.30	66,770	30,290	1108.00	1649.0	0.10740	0.3523	0.38032	245.50
37 No.10	0.1019	2.588	0.713	17.90	52,950	24,020	879.00	1308.0	0.13540	0.4443	0.30174	194.70
19 No. 5	0.1819	4.620	0.910	23.10	73,350	33,270	1430.00	2129.0	0.08224	0.2698	0.49438	318.70
19 No. 6	0.1620	4.115	0.810	20.60	61,700	27,990	1134.00	1688.0	0.10370	0.3402	0.39163	252.70
19 No. 7	0.1443	3.665	0.721	18.30	51,730	23,460	899.50	1339.0	0.13080	0.4290	0.31073	200.40
19 No. 8	0.1285	3.264	0.642	16.30	43,240	19,610	713.50	1062.0	0.16490	0.5409	0.24641	158.90
19 No. 9	0.1144	2.906	0.572	14.50	34,290	15,550	565.80	842.0	0.20790	0.6821	0.19530	126.10
19 No.10	0.1019	2.588	0.509	12.90	27,190	12,330	448.70	667.7	0.26220	0.8601	0.15495	99.96
7 No. 5	0.1819	4.620	0.546	13.90	27,030	12,260	524.90	781.1	0.22640	0.7426	0.18193	117.40
7 No. 6	0.1620	4.115	0.486	12.40	22,730	10,310	416.30	619.5	0.28030	0.9198	0.14435	93.10
7 No. 7	0.1443	3.665	0.433	11.00	19,060	8,645	330.00	491.1	0.35350	1.1600	0.11448	73.87
7 No. 8	0.1285	3.264	0.385	9.78	15,930	7,226	261.80	389.6	0.44580	1.4630	0.09077	58.56
7 No. 9	0.1144	2.906	0.343	8.71	12,630	5,729	207.60	308.9	0.56210	1.8440	0.07198	46.44
7 No.10	0.1019	2.588	0.306	7.76	10,020	4,545	164.70	245.1	0.70880	2.3250	0.05708	36.83
7 No.11	0.0907	2.304	0.272	6.91	7,945	3,604	130.60	194.4	0.89380	2.9320	0.04527	29.21
7 No.12	0.0808	2.052	0.242	6.16	6,301	2,858	103.60	154.2	1.12700	3.6970	0.03590	23.16
3 No. 5	0.1819	4.620	0.392	9.96	12,230	5,547	224.50	334.1	0.51770	1.6990	0.07796	50.32
3 No. 6	0.1620	4.115	0.349	8.87	10,280	4,663	178.10	265.0	0.65280	2.1420	0.06185	39.90
3 No. 7	0.1443	3.665	0.311	7.90	8,621	3,910	141.20	210.1	0.82320	2.7010	0.04905	31.65
3 No. 8	0.1285	3.264	0.277	7.03	7,206	3,269	112.00	166.7	1.03800	3.4060	0.03890	25.10
3 No. 9	0.1144	2.906	0.247	6.26	5,715	2,592	88.81	132.2	1.30900	4.2940	0.03085	19.90
3 No.10	0.1019	2.588	0.220	5.58	4,532	2,056	70.43	104.8	1.65100	5.4150	0.02446	15.78

ALUMOWELD STRAND ASTM B-415												
No.	IN	MM	IN	MM	LB	KG	LB/1000 FT	KG/ KM	OHMS/1000 FT@68°F	OHMS/ KM@20°C	SQ IN	MM2
No. 4	0.2043	5.189	115	109.0	5,081	2,305	93.63	139.3	1.222	4.009	0.03278	21.15
No. 5	0.1819	4.620	165	116.0	4,290	1,946	74.25	110.5	1.541	5.056	0.02599	16.77
No. 6	0.1620	4.115	175	123.0	3,608	1,637	58.88	87.6	1.943	6.375	0.02062	13.30
No. 7	0.1443	3.665	185	130.1	3,025	1,372	46.69	69.5	2.450	8.038	0.01635	10.55
No. 8	0.1285	3.264	195	137.1	2,529	1,147	37.03	55.1	3.089	10.130	0.01297	8.37
No. 9	0.1144	2.906	195	137.1	2,005	909	29.37	43.7	3.896	12.780	0.01028	6.63
No.10	0.1019	2.588	195	137.1	1,590	721	23.29	34.7	4.912	16.120	0.00816	5.26
No.11	0.0907	2.304	195	137.1	1,261	572	18.47	27.5	6.194	20.320	0.00647	4.17
No.12	0.0808	2.052	195	137.1	1,000	454	14.65	21.8	7.811	25.630	0.00513	3.31

Modulus of Elasticity: Strand 23,000,000; Solid Wire 23,500,000. Coefficient of Linear Expansion: 0.000,007,2 per degree F.
 Modulus of Elasticity: Strand 16,200 kg/mm²; Solid Wire 16,500 kg/mm². Coefficient of Linear Expansion: 0.000,013 per degree C.



Anexo 3: Proforma económica de conductores HIDALCOM.



Tamayo N24-14 y Wilson, Edif. Altos del Girón, Departamento 7
Telefax: (593) - 2 - 2230982 / 2543056 / ventas@hidalcom.com
Casilla: 17-21-01224 / Quito, Ecuador

Quito, 16 de mayo del 2018

Sres.: **CNEL SUCUMBIOS**

Aten: **Ing. Oliver Loayza**

Ref.: I-150/2018.- GRUPO INTELLI

De nuestras consideraciones:

En atención a su solicitud, ponemos a consideración la oferta de conductores de nuestra representada, para suministro local.

1. COPPERWELD

ITEM	CATALOGO	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	CS 3X7 AWG 40% LC	3000 m	\$ 2.65	\$ 7,950.00

2. ALUMOWELD

ITEM	CATALOGO	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	AS 3X7 AWG 20% EHS	12000m	\$ 0.67	\$ 8,040.00

A ESTOS PRECIOS HAY QUE AÑADIR EL VALOR DEL IVA.

Nota. El embarque mínimo de Alumoweld son 12,000 m.

Estos precios son por la totalidad del suministro, cualquier variación será recotizado

TIEMPO DE ENTREGA: 90-95 días.

FORMA DE PAGO: 50% anticipo y el resto a la entrega del material

LUGAR DE ENTREGA: Sus bodegas en Sucumbios

VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 días a partir de la presente fecha.

En espera de sus gratas órdenes nos suscribimos hasta una nueva oportunidad

Ing. José Luis Hidalgo



Anexo 4: Proforma económica de conductores El Contactor.



Dirección: Av Amazonas 932 y Antonio José de Sucre
 Telefax:(03)2802391 Telefono: (03)2810230
 info@elcontactor.com
 www.elcontactor.com

Santacruz Tapia Gladys Magdalena
 RUC: 0500846324001
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD
 Latacunga-Ecuador

PROFORMA N°
0000009711

Sr. (es): POLO FERNANDEZ RUC:
 Dirección:
 Fecha: 21/05/2018 VALIDO HASTA 21/05/2018 FORMA DE PAGO: Efectivo

CODIGO	CANT.	DESCRIPCION	PVP	DESC.%	VALOR U	VITOTAL
CCD002	1.00	CABLE DE COBRE DESNUDO # 2 AWG	3.4375	0.00	3.4375	3.43

TRES , 85/100

DESCUENTO	0.00
SUB TOTAL 0%	0.00
SUB TOTAL 12%	3.44
IVA 12%	0.41
TOTAL \$	3.85

RECIBÍ CONFORME

POR EL CONTACTOR

Polo Fernández Chica
 Oliver Loayza Romero



Anexo 5: Reporte de inspección detallada de sistemas de puesta a tierra en líneas de subtransmisión.

	CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO SUCUMBOS MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN 69KV REPORTE DE INSPECCIÓN DETALLADA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA																			
DEPARTAMENTO: TECNICO SECCIÓN: SUBTRANSMISIÓN TRAMO DE LINEA DE SUBTRANSMISION: SACHA - ORELLANA JEFE DE LINEA DE SUBTRANSMISION: Ing. _____		JEFE DE GRUPO: SR. _____ GRUPO: 1 FECHA: 24/07/2018 CONDICIONES CLIMATICAS: Día _____																		
NUMERO DE POSTE:																				
ITEM	POSIBLE FALLA																			
1	Conector tipo perno partido																			
2	Conductor copperweld punta de poste																			
3	Conector tipo ojo superior																			
4	Perno superior del poste																			
5	Conductor interno del poste																			
6	Perno pie del poste																			
7	Conector tipo ojo pie de poste																			
8	Conductor copperweld inferior																			
9	Conector tipo C																			
10	Varilla copperweld																			
11	Conductividad interna del poste																			
12	Resistencia de la puesta a tierra																			
13	Resistividad del terreno																			
Formato: Polo Fernández - Oliver Loayza																				
ABREVIATURAS: Flojo: F Sulfatado: S Oxidado: O Roto: R Deteriorado: D No existe: N																				
ELABORADO POR: Sr. _____ JEFE DE GRUPO												REVISADO POR: Ing. _____ JEFE DE AREA								

Polo Fernández Chica
Oliver Loayza Romero



Anexo 6: Levantamiento de materiales detallados en sistemas de puesta a tierra.

	CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO SUCUMBIOS MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN 69kV LEVANTAMIENTO DE MATERIALES DETALLADOS EN SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA	
DEPARTAMENTO: TECNICO SECCIÓN: SUBTRANSMISIÓN TRAMO DE LINEA DE SUBTRANSMISION: SACHA - ORELLANA JEFE DE LINEA DE SUBTRANSMISION: Ing. _____		JEFE DE GRUPO: SR. _____ GRUPO: 1 FECHA: 03/05/2018 CONDICIONES CLIMATICAS: Día _____
NUMERO DE POSTE:		
ITEM	POSIBLE FALLA	
1	Conector tipo perno partido	
2	Conductor copperweld	
3	Conector tipo ojo	
4	Perno de sujeción conector ojo	
5	Grasa conductiva	
6	Conector tipo C	
7	Varilla copperweld	
8	Fle acero inoxidable 3/4	
9	Hebillas acero inoxidable 3/4	
10		
11		
12		
13		

Formato: Polo Fernández - Oliver Loayza

Nota: Colocar la cantidad utilizada en cada poste

ELABORADO POR:

 Sr. _____
 JEFE DE GRUPO

REVISADO POR:

 Ing. _____
 JEFE DE AREA

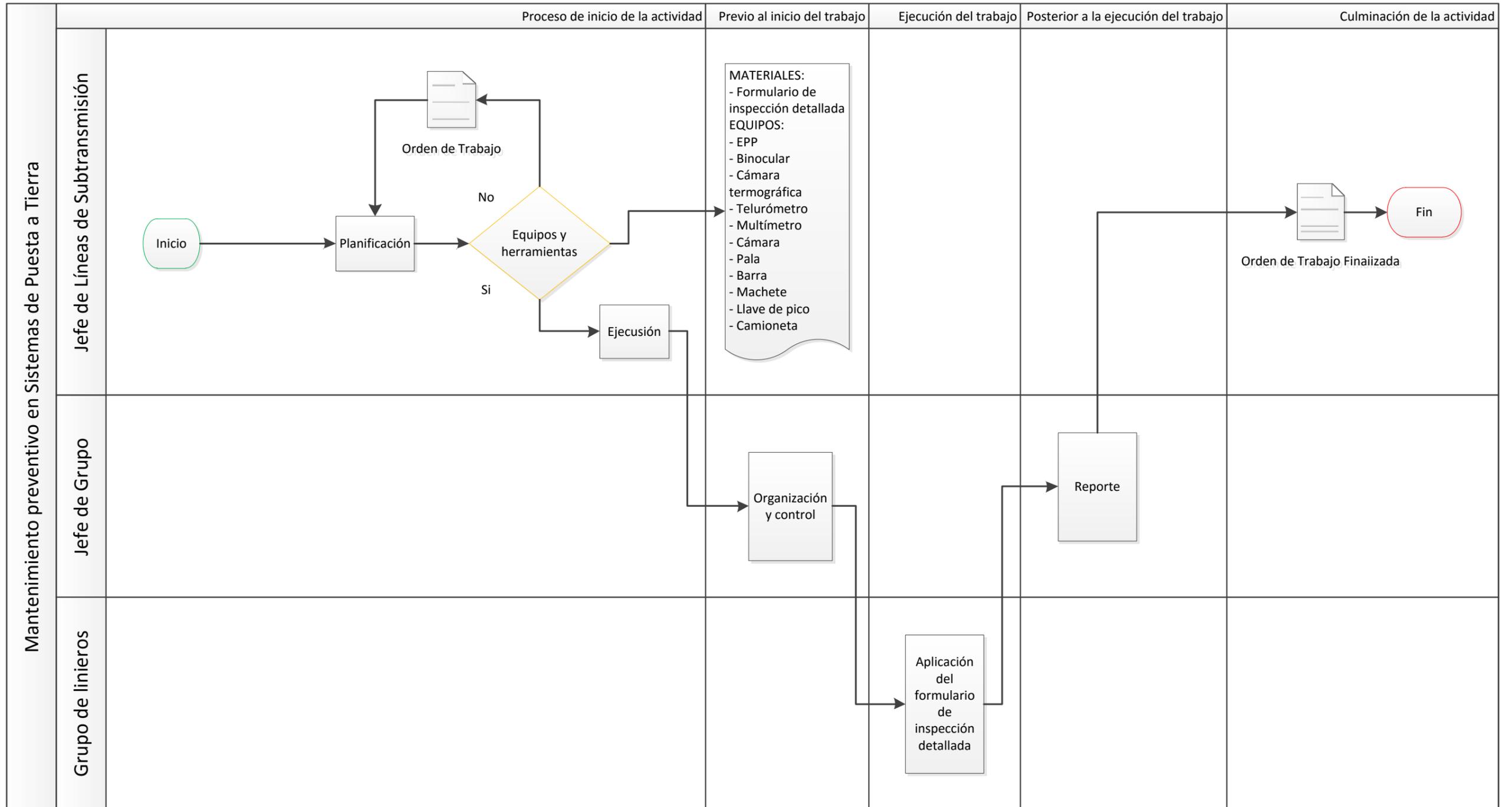
Polo Fernández Chica
Oliver Loayza Romero



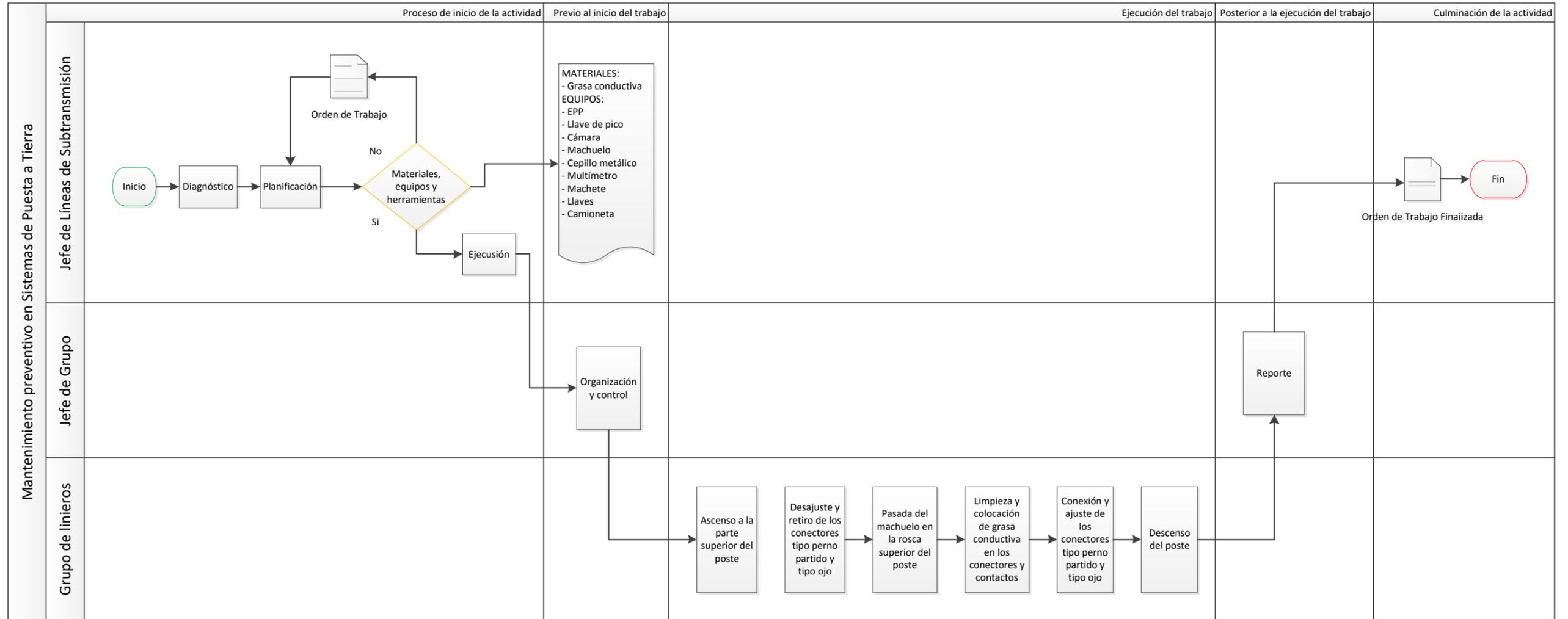
Anexo 7: Características de conductores copperweld. [17]

Características dimensionais de Fios e Cabos Coppersteel Dimensions of Coppersteel solid and strand conductors 21% / 30% / 40% / 53% IACS																																				
Formação Nº fios AWG Number of strands	AWG MCM	Diámetro Diameter mm		Área da seção Cross section mm²	Peso nominal Nominal weight				Resistência mecânica mínima Minimum mechanical resistance																Resistência máxima Maximum resistance CC 20° C				Capacidade de corrente Conductor's current capacity CA 75° C				Capacidade de corrente Conductor's current capacity CA 125° C			
		Fio Solid	Cabo Stranded		21% IACS	30% IACS	40% IACS	53% IACS	21% IACS		30% IACS				40% IACS				53% IACS				21% IACS	30% IACS	40% IACS	53% IACS	21% IACS	30% IACS	40% IACS	53% IACS						
									LCA	LC	LCA	LC	HS	EHS	LCA	LC	HS	EHS	LCA	LC	HS	EHS														
									kg/km	kg/km	kg/km	kg/km	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN									daN	daN	daN	daN	Ω/km	Ω/km
7N1	600	7,35	22,05	297,00	2.364	2.401	2.434	2.481	8.447	15.736	8.461	15.000	19.158	23.127	7.522	12.386	16.934	19.095	7.351	11.263	14.386	17.365	0,28	0,19	0,15	0,11	503	601	694	797	684	818	944	1.085		
7N2	500	6,54	19,62	235,15	1.871	1.901	1.927	1.964	6.688	12.770	6.710	11.995	16.235	18.339	5.960	9.897	14.446	15.143	5.820	9.004	12.191	13.771	0,35	0,24	0,18	0,14	434	519	598	688	589	704	813	935		
7N3	350	5,83	17,49	186,86	1.487	1.510	1.531	1.561	5.314	10.402	5.242	9.608	13.583	15.763	4.725	7.932	12.165	13.015	4.625	7.213	10.199	11.836	0,44	0,31	0,23	0,17	374	447	516	594	507	606	700	805		
7N4	300	5,19	15,57	148,09	1.179	1.197	1.214	1.237	4.210	8.447	4.221	7.484	11.239	13.362	3.749	6.917	10.118	11.033	3.664	5.620	8.439	10.033	0,55	0,39	0,29	0,22	323	386	445	512	437	522	603	694		
7N5	4/0	4,62	13,86	117,35	934	948	962	980	3.338	6.864	3.345	6.174	9.286	11.189	2.974	5.727	8.392	9.239	2.905	4.636	6.973	8.401	0,70	0,49	0,37	0,28	278	333	384	442	376	450	519	597		
7N6	3/0	4,11	12,33	92,87	739	751	761	776	2.647	5.580	2.652	5.305	7.661	9.286	2.356	4.712	6.949	7.668	2.304	3.983	5.752	6.973	0,88	0,62	0,46	0,35	240	287	331	381	324	387	447	515		
7N7	2/0	3,67	11,01	74,05	589	599	607	619	2.100	4.538	2.104	4.271	6.306	7.667	1.871	3.994	5.746	6.331	1.828	3.207	4.735	5.757	1,11	0,78	0,58	0,44	207	248	286	329	279	334	386	444		
7N8	1/0	3,26	9,79	58,57	466	473	480	489	1.666	3.689	1.657	3.597	5.185	6.300	1.481	3.339	4.738	5.202	1.450	2.701	3.893	4.731	1,40	0,98	0,74	0,56	179	214	247	284	241	288	332	383		
7N9	1	2,91	8,73	46,56	371	376	382	389	1.320	2.997	1.323	2.917	4.259	5.116	1.178	2.772	3.906	4.224	1.149	2.190	3.198	3.841	1,77	1,24	0,93	0,70	154	184	213	245	208	248	286	330		
7N10	2	2,59	7,77	36,88	293	298	302	308	1.047	2.437	1.046	2.426	3.515	4.177	932	2.268	3.226	3.449	912	1.821	2.640	3.136	2,23	1,56	1,17	0,88	133	159	184	212	179	214	247	284		
7N11	3	2,31	6,93	29,34	233	237	240	245	830	1.979	832	1.922	2.785	3.169	737	1.821	2.558	2.617	722	1.443	2.091	2.379	2,81	1,97	1,48	1,11	115	137	159	183	154	184	213	245		
7N12	4	2,05	6,15	23,10	184	187	189	193	659	1.175	662	1.147	1.857	2.515	586	1.027	2.029	2.076	573	861	1.659	1.888	3,55	2,48	1,86	1,41	99	119	137	158	133	159	184	212		
3N1	250	7,35	15,80	127,29	1.013	1.029	1.043	1.063	3.821	7.119	3.828	6.786	8.667	10.462	3.403	5.603	7.661	8.638	3.325	5.095	6.508	7.855	0,65	0,45	0,34	0,26	300	359	415	477	407	486	561	646		
3N2	4/0	6,54	14,06	100,78	802	815	826	842	3.025	5.777	3.035	5.426	7.344	8.296	2.696	4.477	6.535	6.850	2.633	4.073	5.515	6.230	0,81	0,57	0,43	0,32	259	310	358	412	350	419	483	556		
3N3	3/0	5,83	12,53	80,08	637	647	656	669	2.404	4.706	2.371	4.346	6.145	7.131	2.138	3.588	5.503	5.888	2.092	3.263	4.614	5.354	1,03	0,72	0,54	0,41	224	267	308	355	302	361	416	479		
3N4	2/0	5,19	11,16	63,47	505	513	520	530	1.905	3.821	1.910	3.386	5.084	6.045	1.696	3.129	4.577	4.991	1.658	2.542	3.818	4.539	1,29	0,91	0,68	0,51	193	231	266	306	260	311	359	413		
3N5	1/0	4,62	9,93	50,29	400	406	412	420	1.510	3.105	1.513	2.793	4.201	5.062	1.345	2.591	3.796	4.179	1.314	2.097	3.154	3.801	1,63	1,14	0,86	0,65	166	199	230	264	224	268	309	356		
3N6	1	4,11	8,84	39,80	317	322	326	332	1.198	2.524	1.200	2.400	3.466	4.201	1.066	2.132	3.144	3.469	1.042	1.802	2.602	3.154	2,06	1,44	1,08	0,82	144	172	198	228	193	231	267	307		
3N7	2	3,67	7,89	31,74	253	257	260	265	950	2.053	952	1.932	2.853	3.468	846	1.807	2.599	2.864	827	1.451	2.142	2.604	2,59	1,82	1,36	1,03	124	148	171	197	167	199	230	265		
3N8	3	3,26	7,02	25,10	200	203	206	210	754	1.669	750	1.627	2.346	2.850	670	1.511	2.143	2.353	656	1.222	1.761	2.140	3,27	2,29	1,72	1,30	107	128	148	170	144	172	198	228		
3N9	4	2,91	6,26	19,95	159	161	164	167	597	1.356	599	1.320	1.927	2.314	533	1.254	1.767	1.911	520	991	1.447	1.738	4,13	2,89	2,17	1,63	92	111	128	147	124	148	171	197		
3N10	5	2,59	5,57	15,81	126	128	130	132	474	1.102	473	1.097	1.590	1.890	422	1.026	1.459	1.560	412	824	1.194	1.419	5,20	3,64	2,73	2,06	80	95	110	127	107	128	148	170		
3N11	6	2,31	4,97	12,57	100	102	103	105	375	895	376	869	1.260	1.434	333	824	1.157	1.184	327	653	946	1.076	6,56	4,59	3,45	2,60	69	82	95	110	92	110	127	147		
3N12	7	2,05	4,41	9,90	79	80	81	83	298	532	299	519	840	1.138	265	465	918	939	259	389	750	854	8,28	5,79	4,34	3,28	60	71	82	95	80	95	110	127		
1N0	1/0	8,25	8,25	53,46	425	432	438	447	1.689	3.075	1.694	2.984	3.534	4.630	1.505	2.463	3.088	3.822	1.470	2.240	2.654	3.476	1,54	1,08	0,81	0,61	163	195	225	259	219	262	303	348		
1N1	1	7,35	7,35	42,43	338	343	348	354	1.341	2.498	1.343	2.381	3.041	3.671	1.194	1.966	2.688	3.031	1.167	1.788	2.283	2.756	1,94	1,36	1,02	0,77	141	168	194	224	189	226	261	301		
1N2	2	6,54	6,54	33,59	267	272	275	281	1.062	2.027	1.065	1.904	2.577	2.911	946	1.571	2.293	2.404	924	1.429	1.935	2.186	2,44	1,71	1,28	0,97	122	145	168	193	163	195	225	259		
1N3	3	5,83	5,83	26,69	212	216	219	223	844	1.651	832	1.525	2.156	2.502	750	1.259	1.931	2.066	734	1.145	1.619	1.879	3,08	2,16	1,62	1,22	105	126	145	167	141	168	194	224		
1N4	4	5,19	5,19	21,16	168	171	173	177	668	1.341	670	1.188	1.784	2.121	595	1.098	1.606	1.751	582	892	1.340	1.593	3,88	2,72	2,04	1,54	91	108	125	144	121	145	168	193		
1N5	5	4,62	4,62	16,76	133	135	137	140	530	1.089	531	980	1.474	1.776	472	909	1.332	1.466	461	736	1.107	1.334	4,90	3,43	2,57	1,94	78	94	108	125	105	125	145	166		
1N6	6	4,11	4,11	13,27	106	107	109	111	420	886	421	842	1.216	1.474	374	748	1.103	1.217	366	632	913	1.107	6,17	4,32	3,24	2,45	68	81	93	108	90	108	125	144		
1N7	7	3,67	3,67	10,58	84	86	87	88	333	720	334	678	1.001	1.217	297	634	912	1.005	290	509	752	914	7,78	5,45	4,09	3,08	59	70	81	93	78	93	108	124		
1N8	8	3,26	3,26	8,37	67	68	69	70	264	585	263	571	823	1.000	235	530	752	826	230	429	618	751	9,81	6,87	5,15	3,89	51	60	70	80	67	81	93	107		
1N9	9	2,91	2,91	6,85	53	54	55	56	210	476	210	463	676	812	187	440	620	670	182	348	508	610	12,38	8,66	6,50	4,90	44	52	60	69	58	70	80	93		
1N10	10	2,59	2,59	5,27	42	43	43	44	166	387	166	385	558	663	148	360	512	547	145	289	419	498	15,61	10,93	8,19	6,18	38	45	52	60	50	60	69	80		
1N11	11	2,31	2,31	4,19	33	34	34	35	132	314	132	305	442	503	117	289	406	415	115	229	332	378	19,69	13,78	10,34	7,80	33	39	45	52	43	52	60	69		
1N12	12	2,05	2,05	3,30	26																															

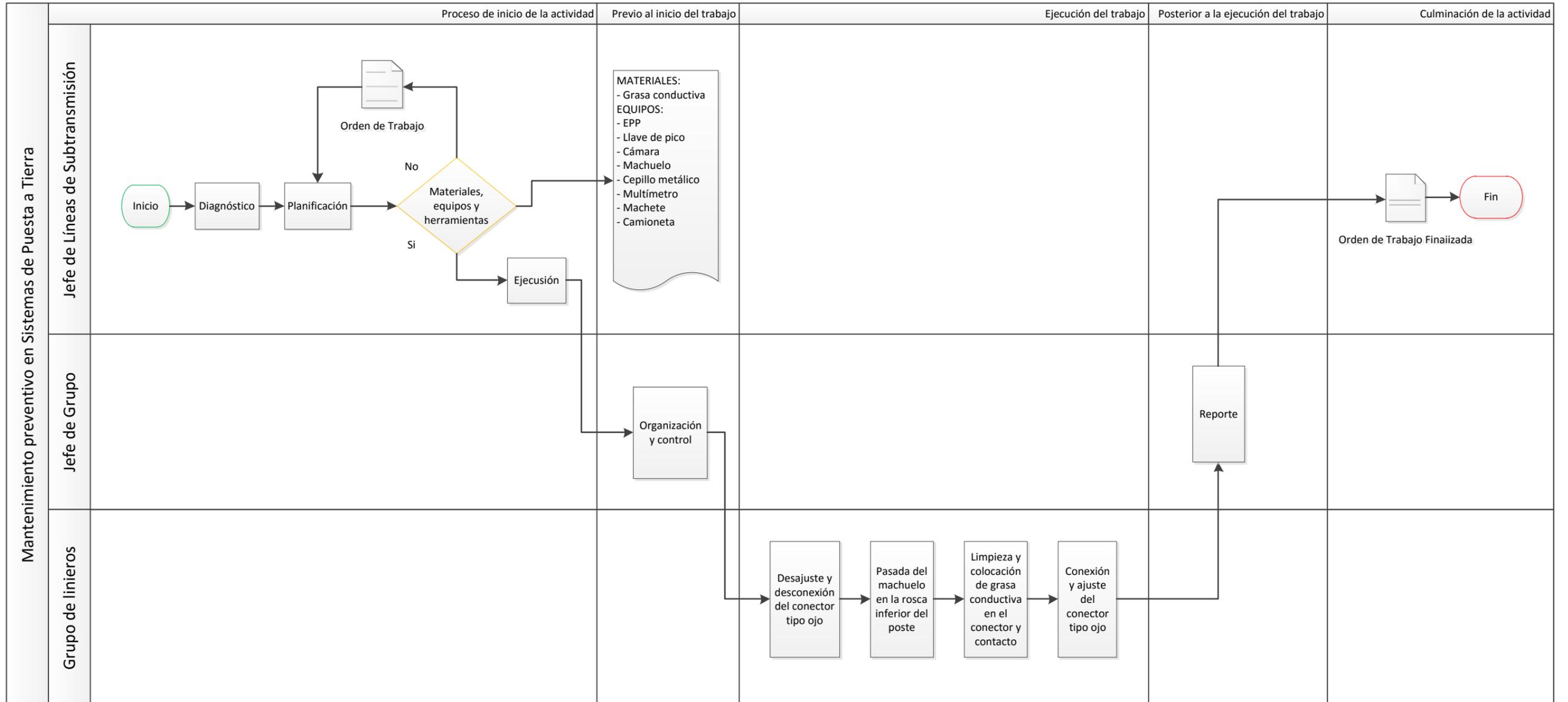
Anexo 8: Revisión de la línea en busca de posibles fallas.



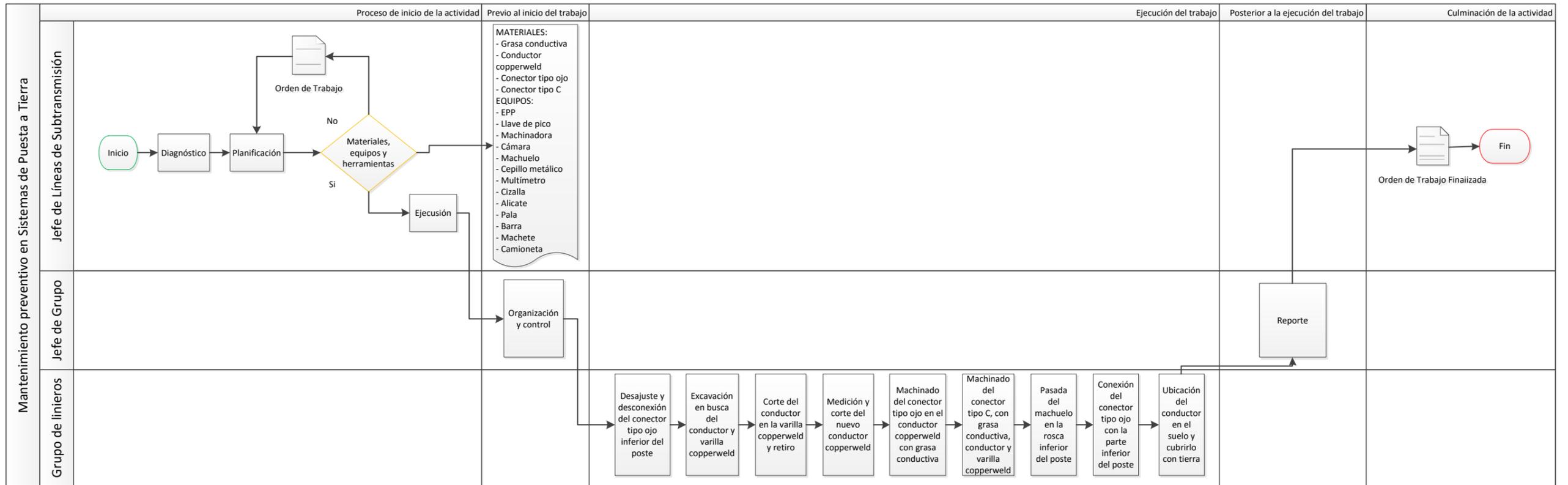
Anexo 9: Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste de conectores tipo perno partido y tipo ojo superior.



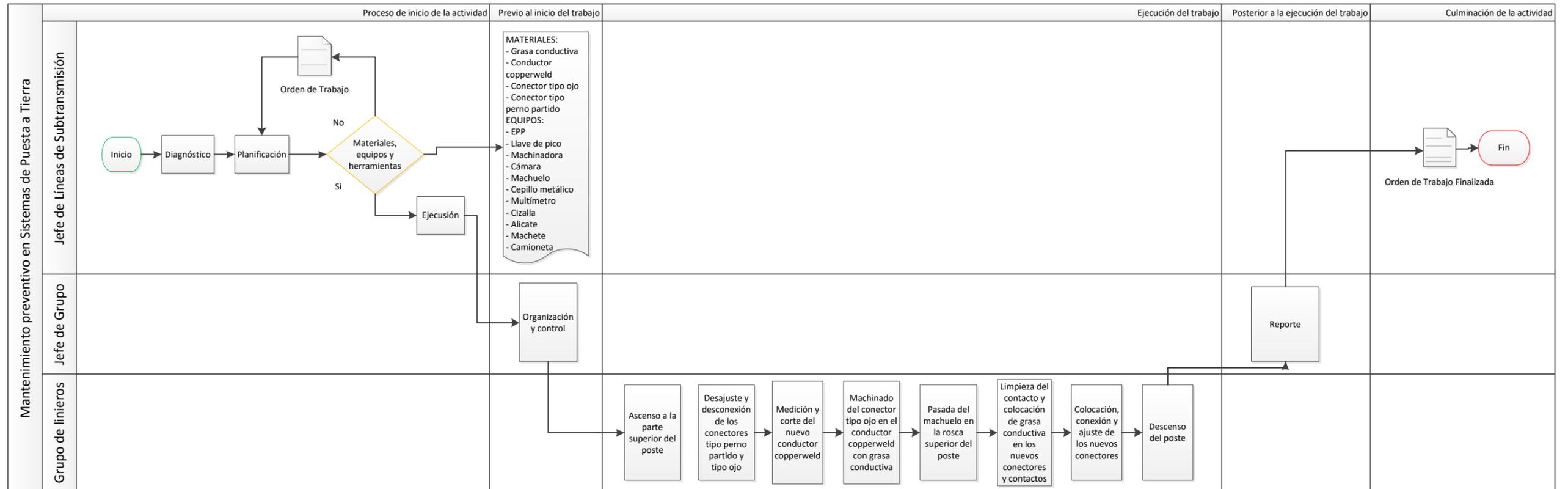
Anexo 10: Limpieza, Colocación de grasa conductiva y reajuste del conector tipo ojo inferior.



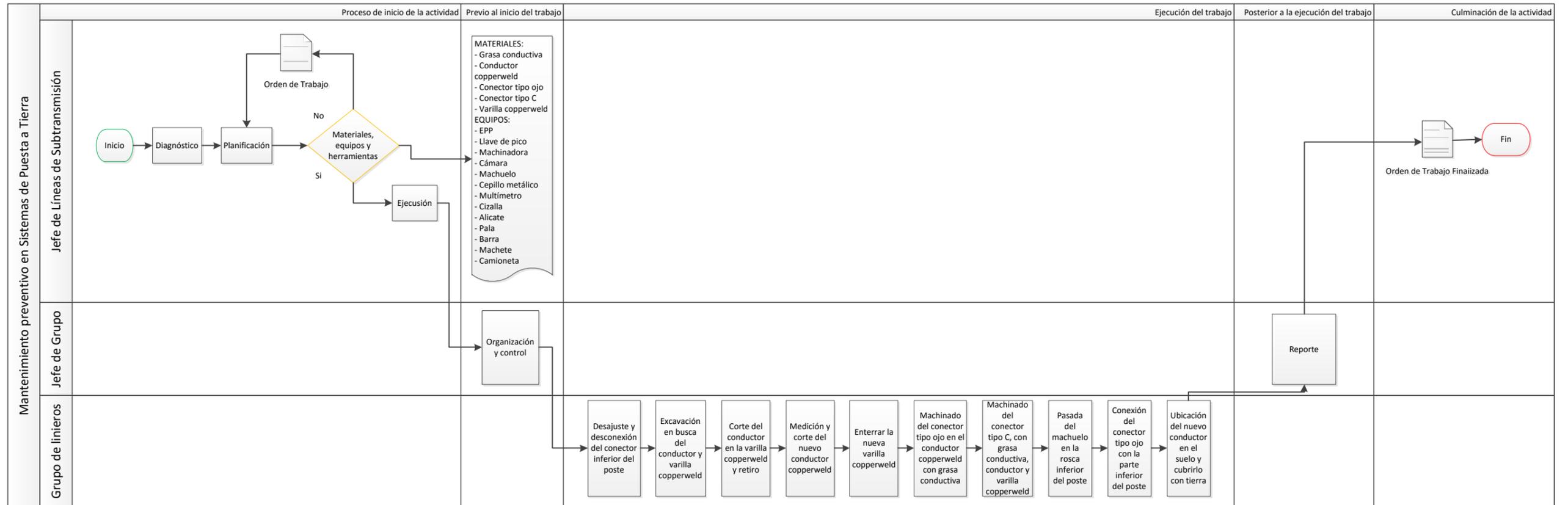
Anexo 11: Cambio del conductor copperweld, conectores tipo ojo inferior, tipo C y colocación de grasa conductiva en los conectores.



Anexo 12: Cambio de conectores tipo perno partido, tipo ojo superior y colocación de grasa conductiva.

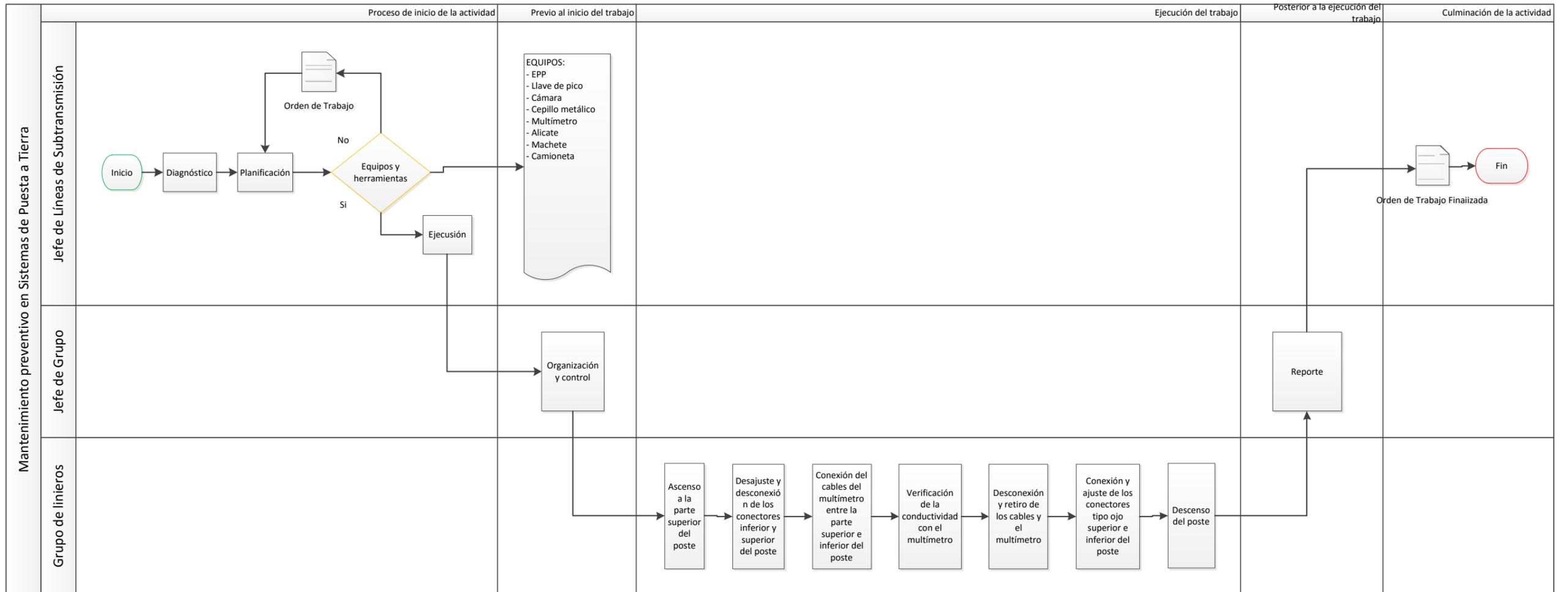


Anexo 13: Reemplazo de varilla copperweld.

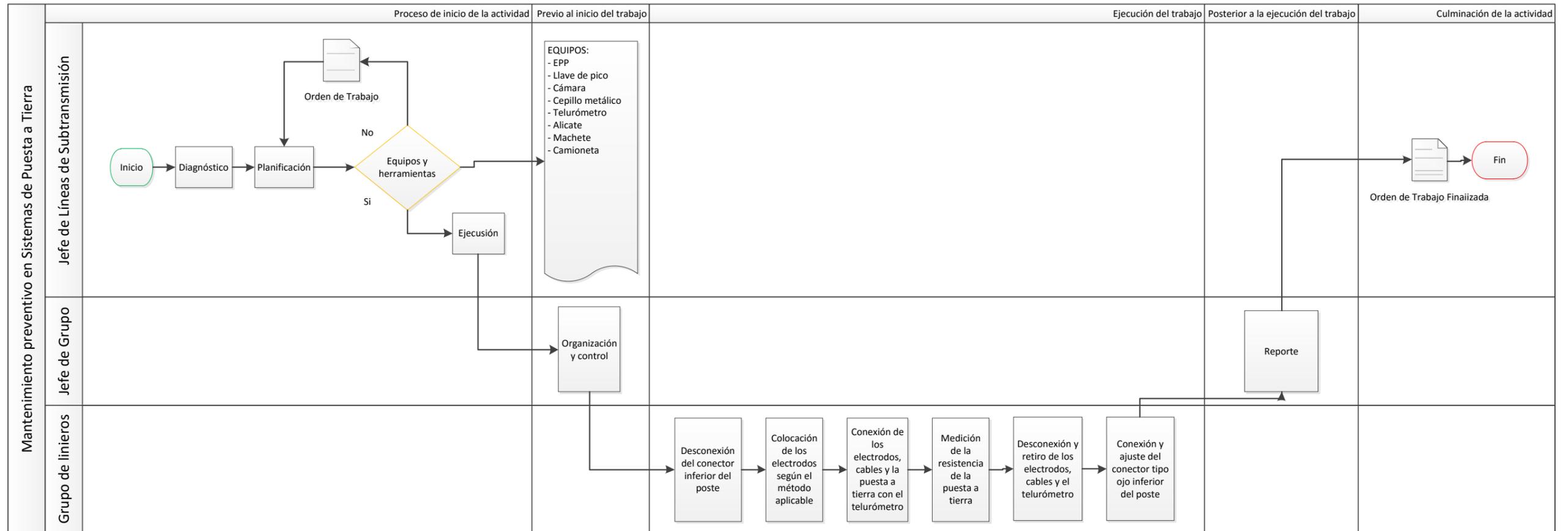




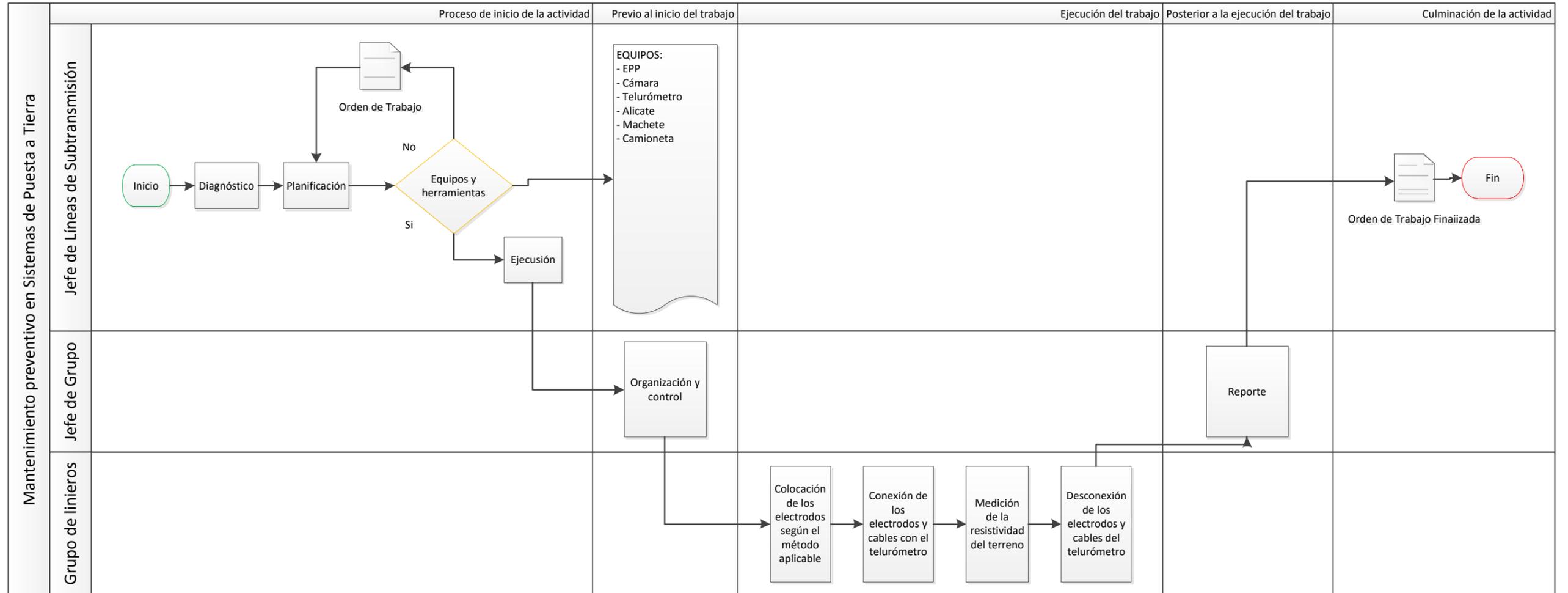
Anexo 14: Medición de conductividad interna del poste.



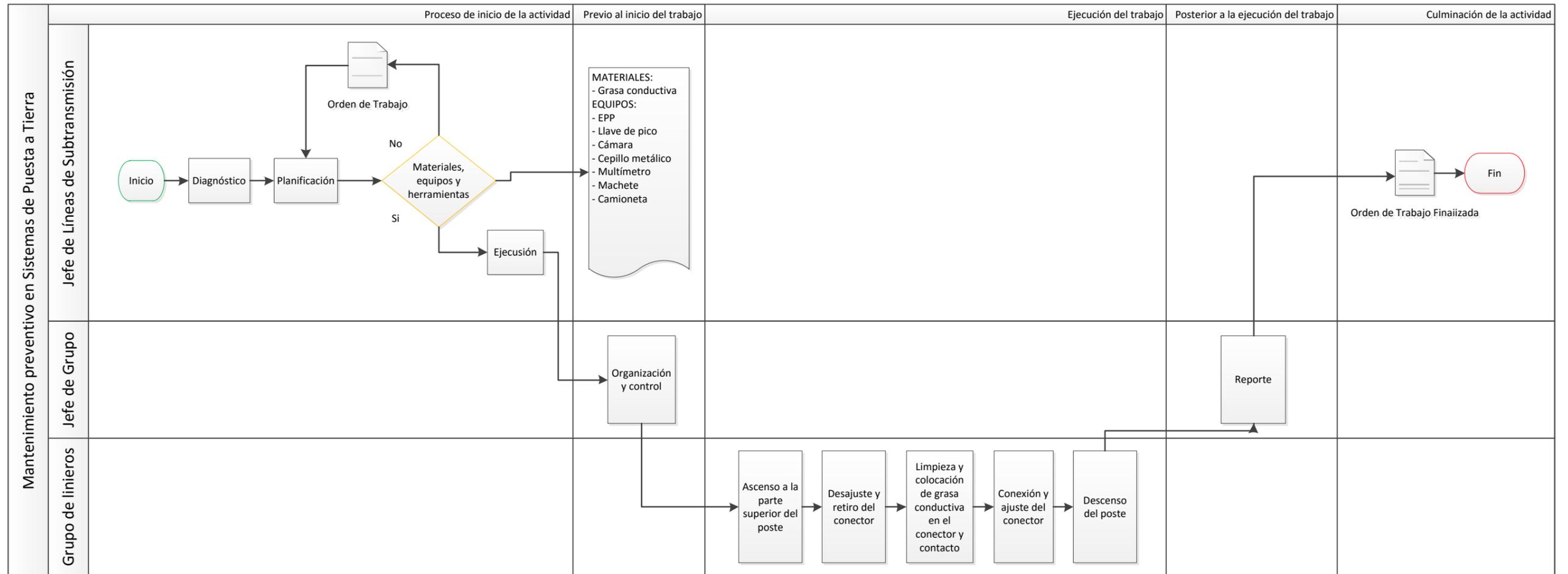
Anexo 15: Medición de la resistencia de la puesta a tierra.



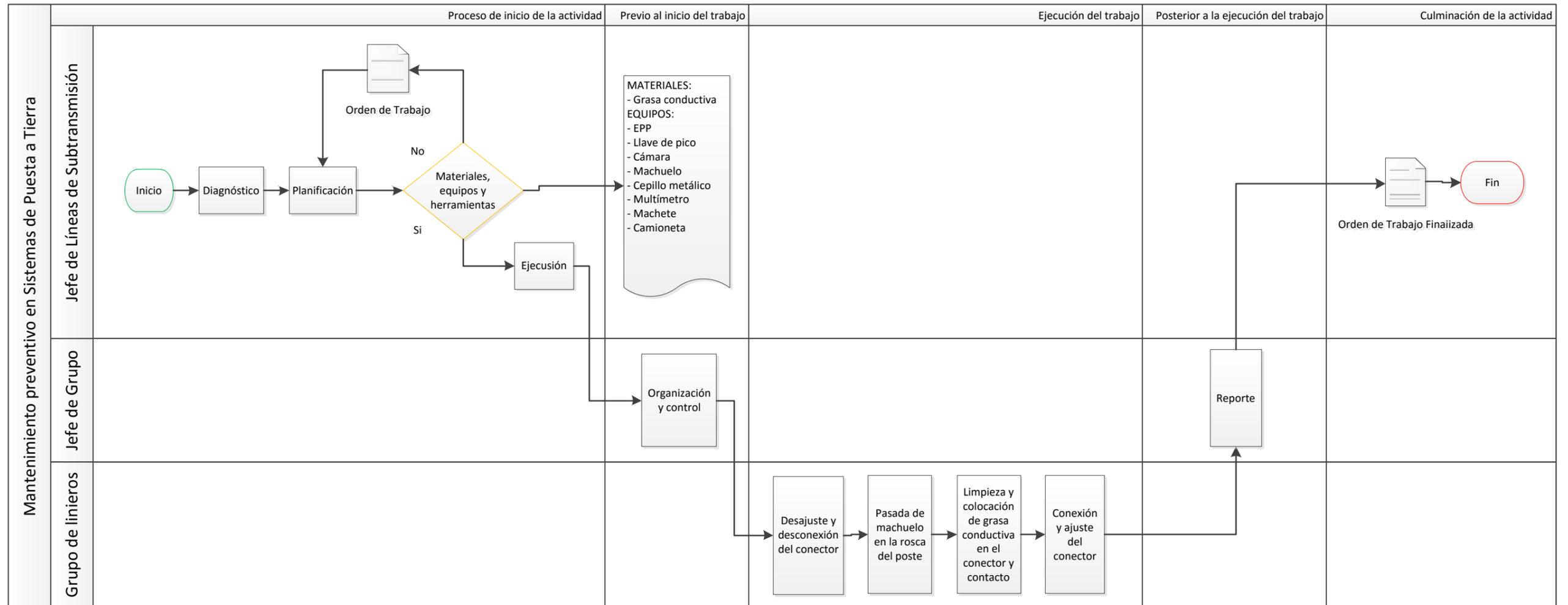
Anexo 16: Medición de la resistividad del terreno.



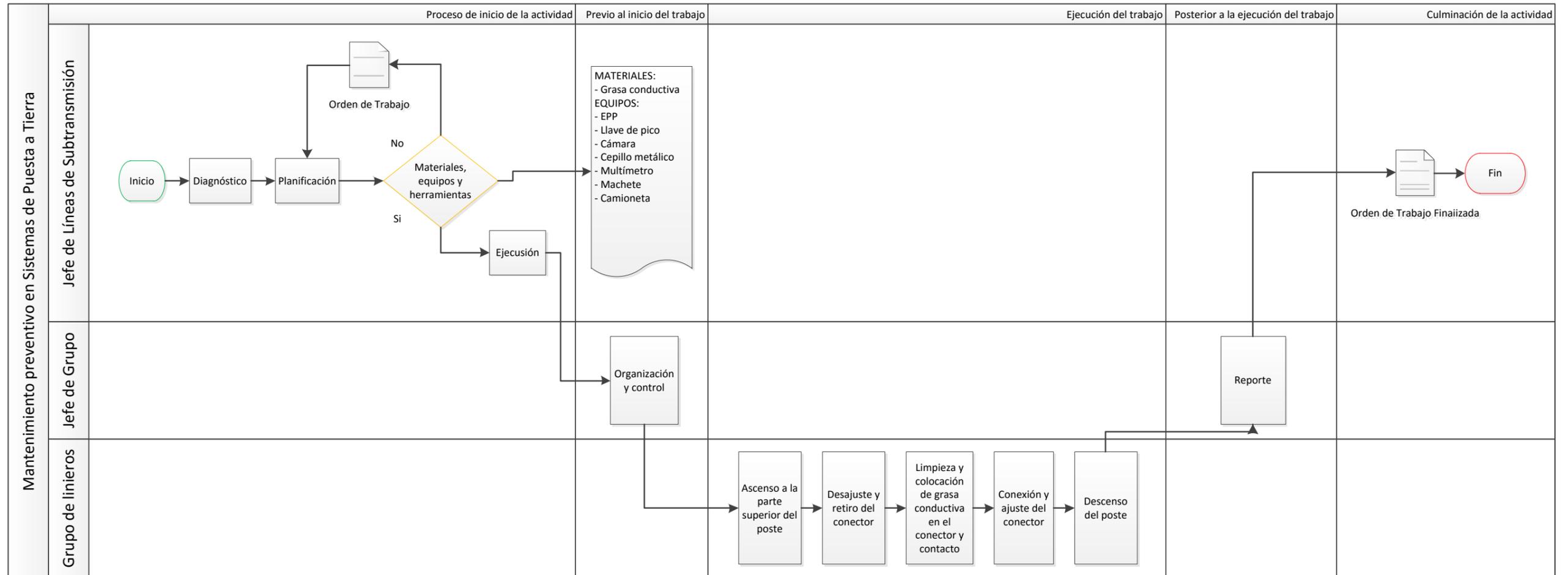
Anexo 17: Conector tipo perno partido mal ajustado.



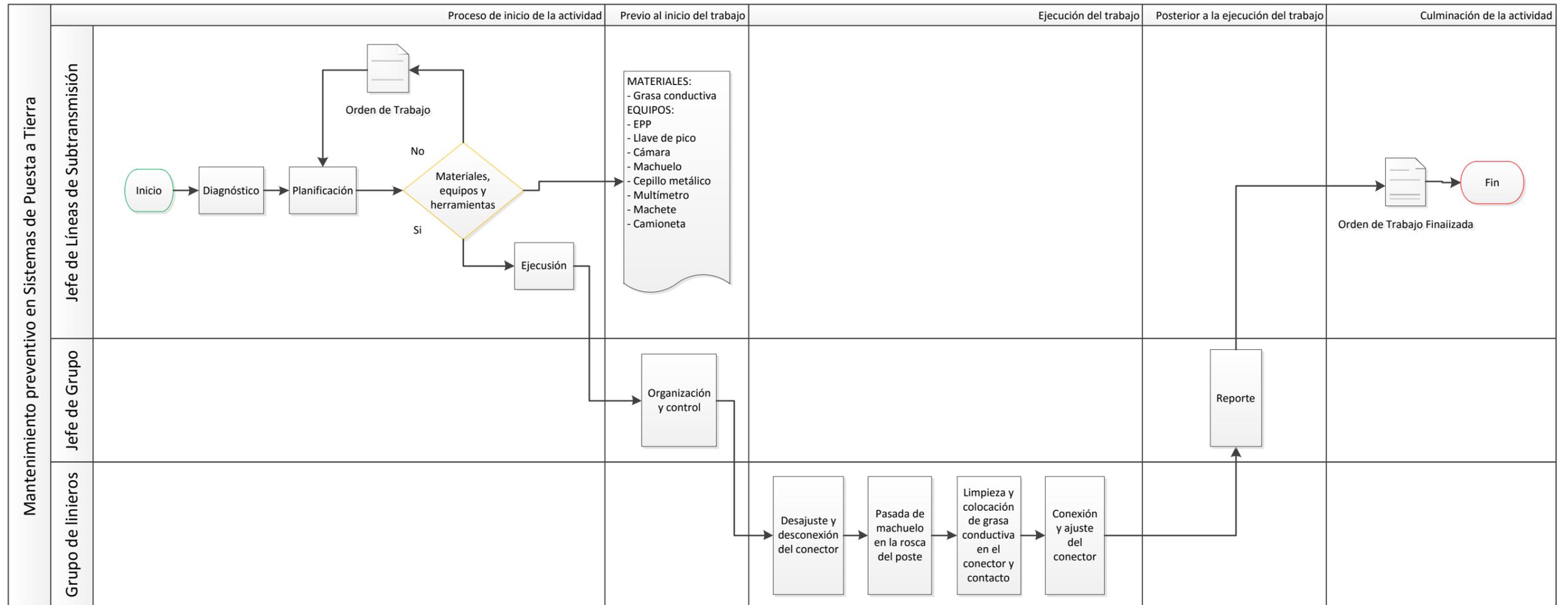
Anexo 18: Conector tipo ojo mal ajustado.



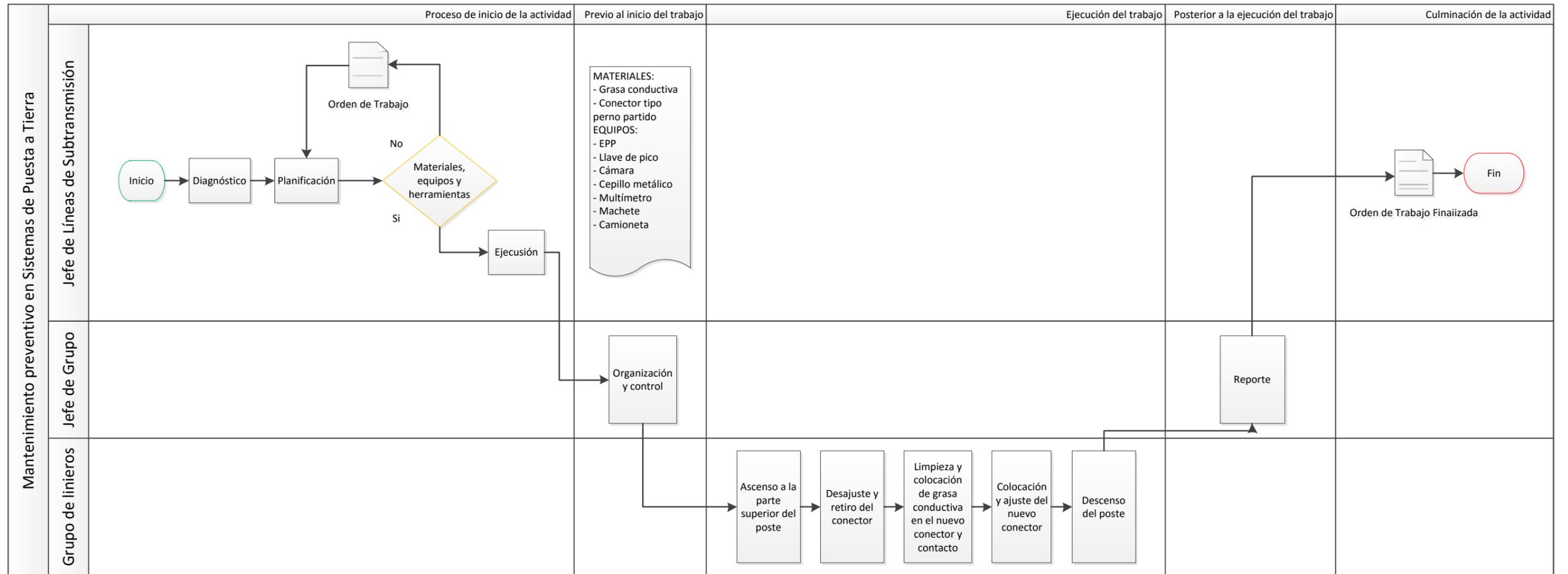
Anexo 19: Conector tipo perno partido sulfatado.



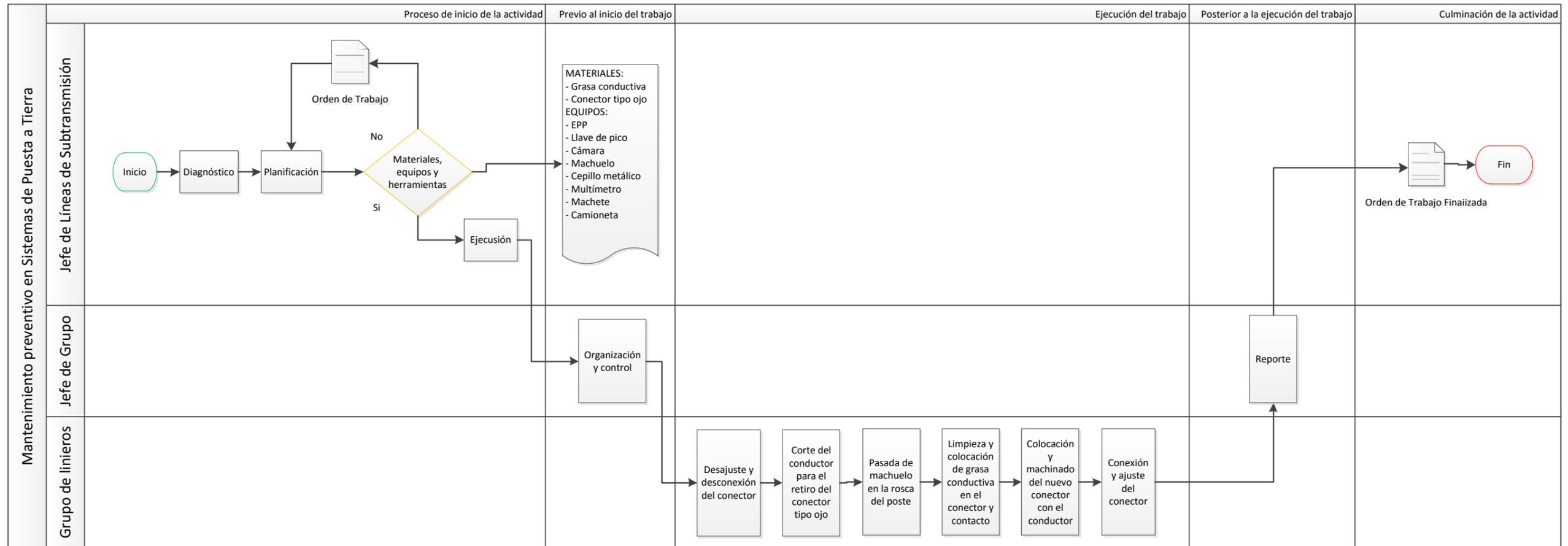
Anexo 20: Conector tipo ojo sulfatado.



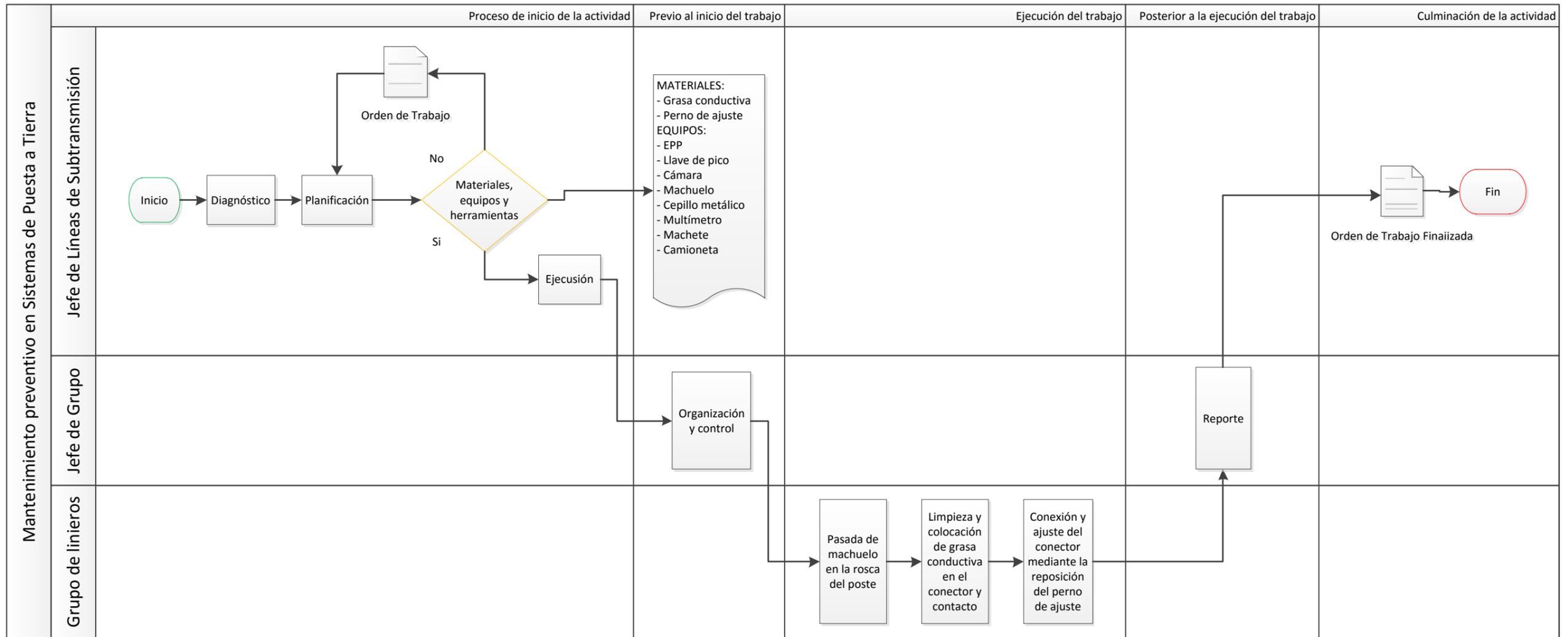
Anexo 21: Conector tipo perno partido roto.



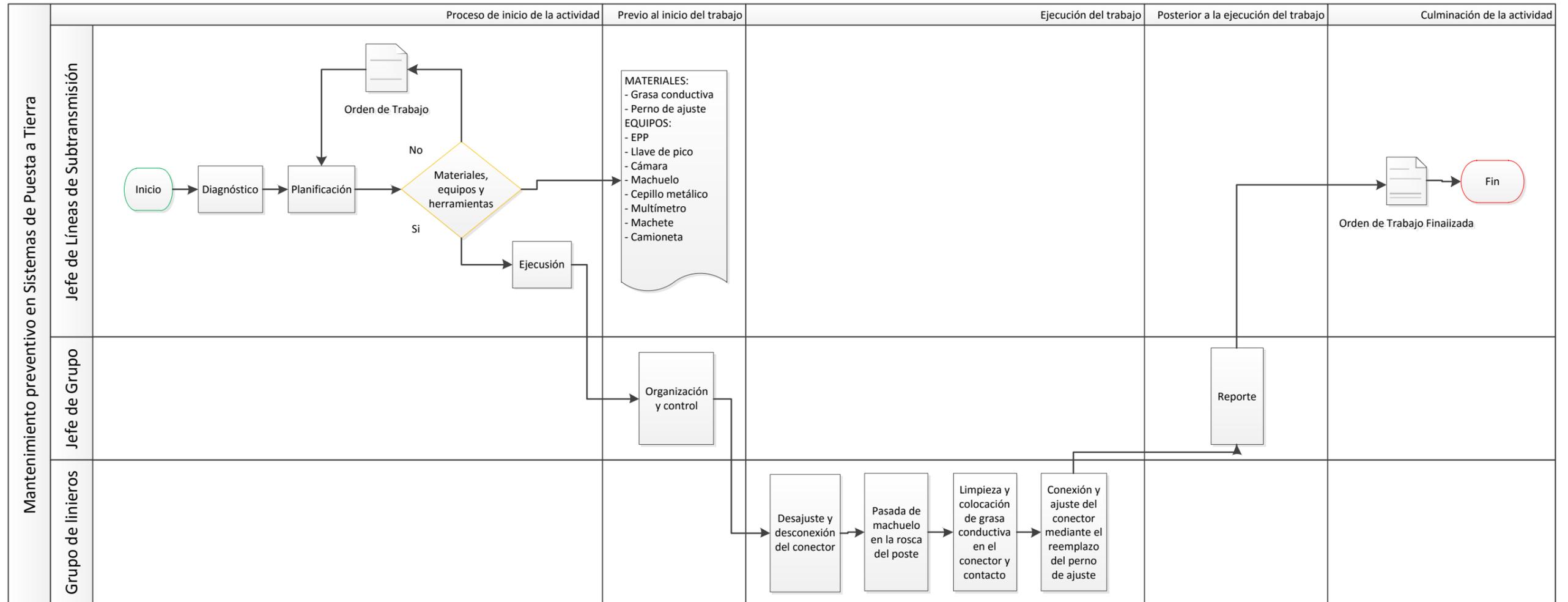
Anexo 22: Conector tipo ojo roto.



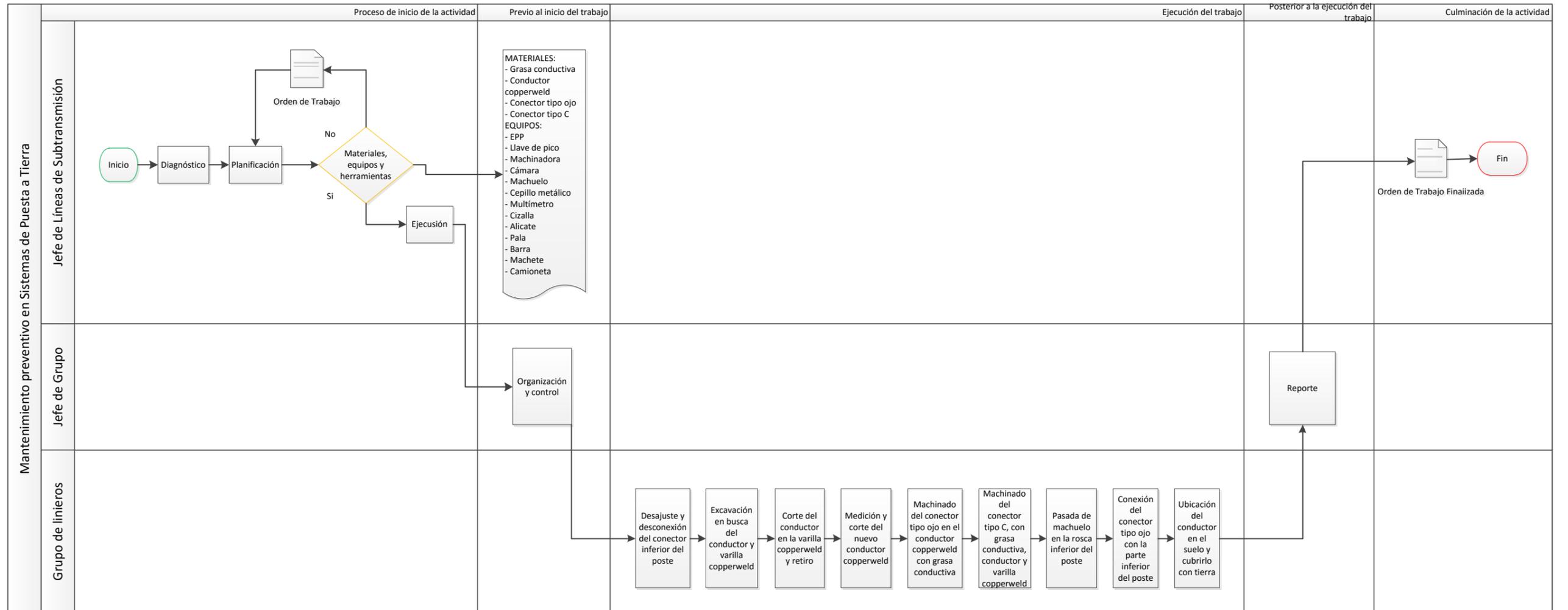
Anexo 23: No existe perno de ajuste del conector tipo ojo.



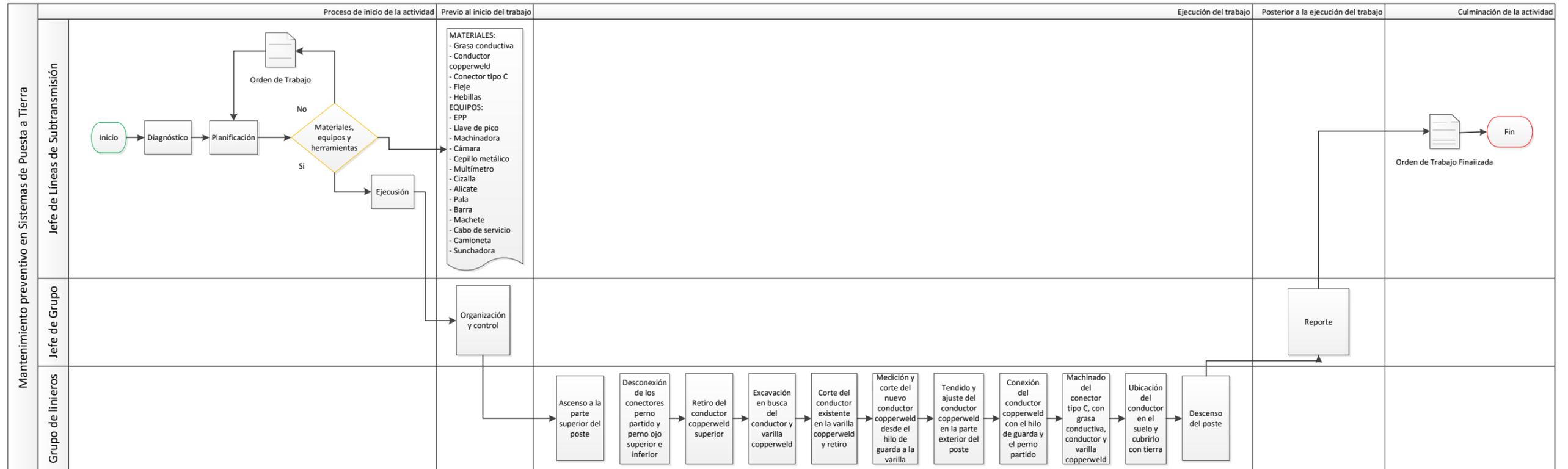
Anexo 24: Perno de ajuste del conector tipo ojo oxidado.



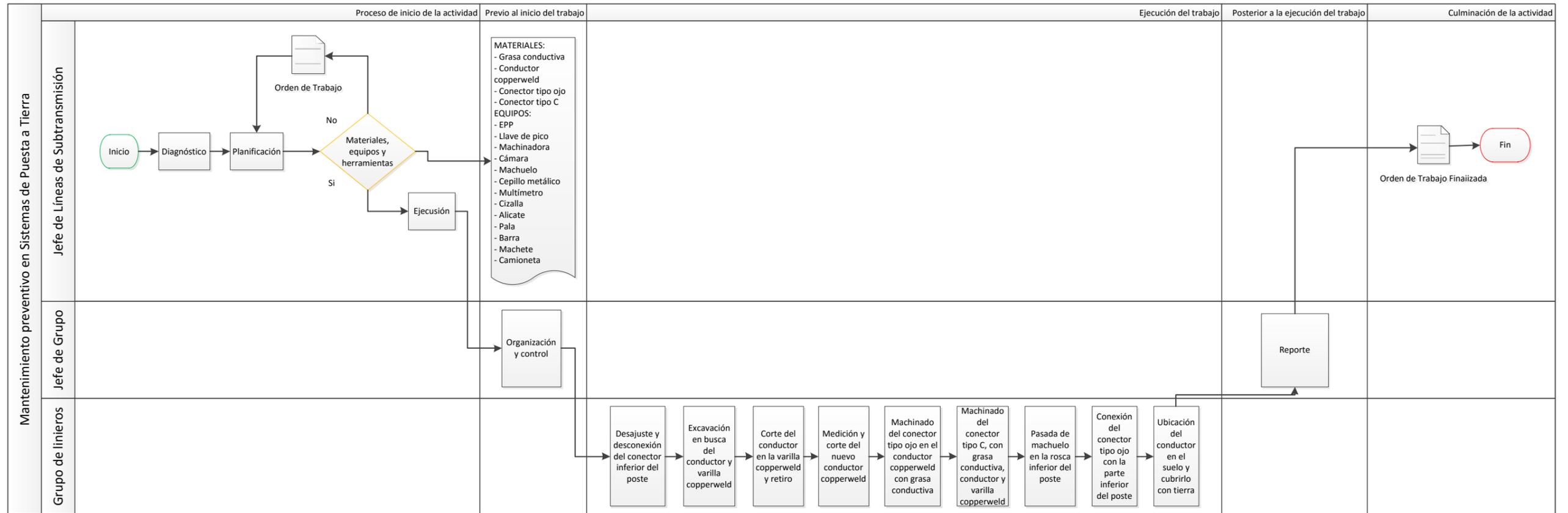
Anexo 25: Conductor copperweld cortado.



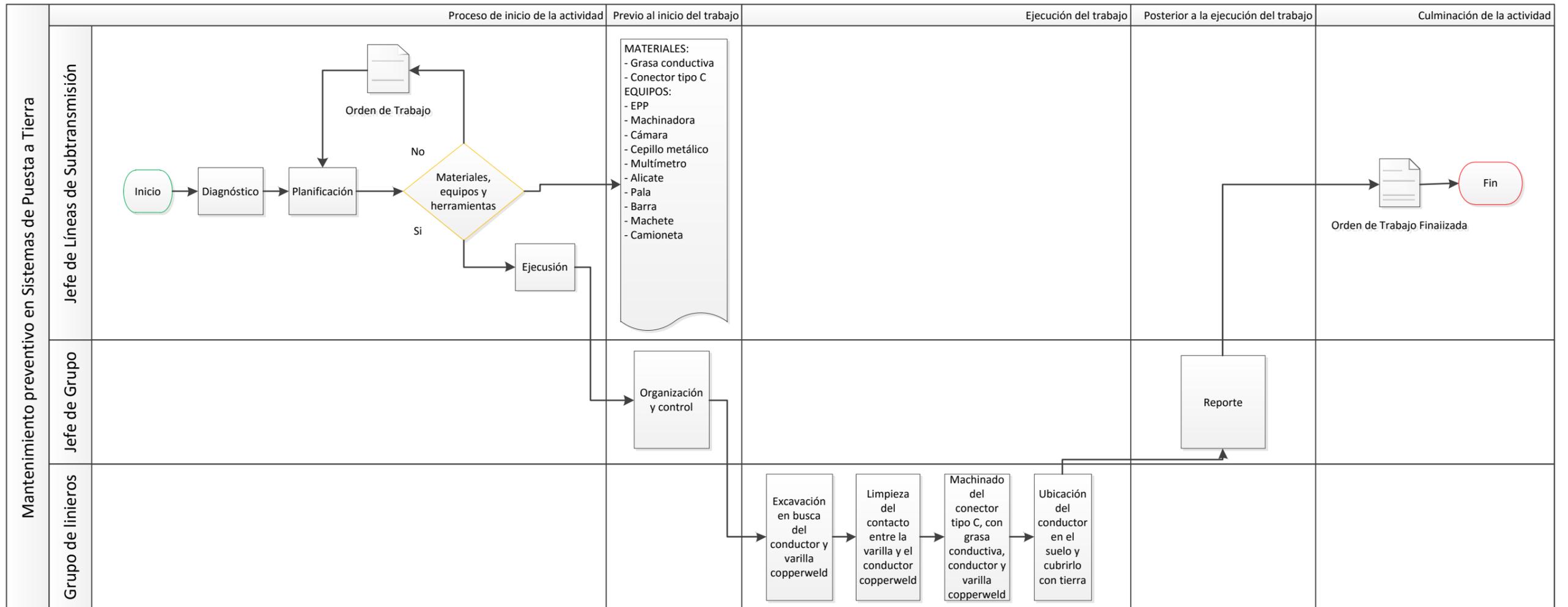
Anexo 26: No existe conductividad interna en el poste



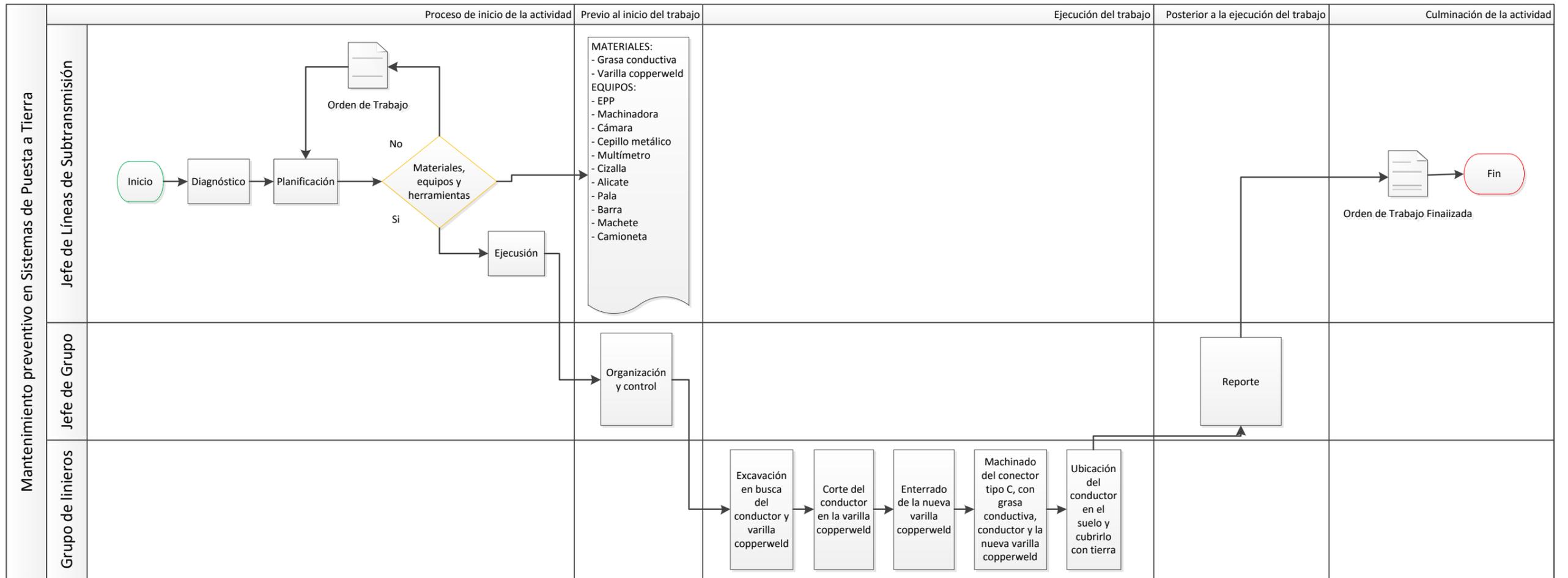
Anexo 27: Alta resistencia de la puesta a tierra - Conductor copperweld deteriorado.



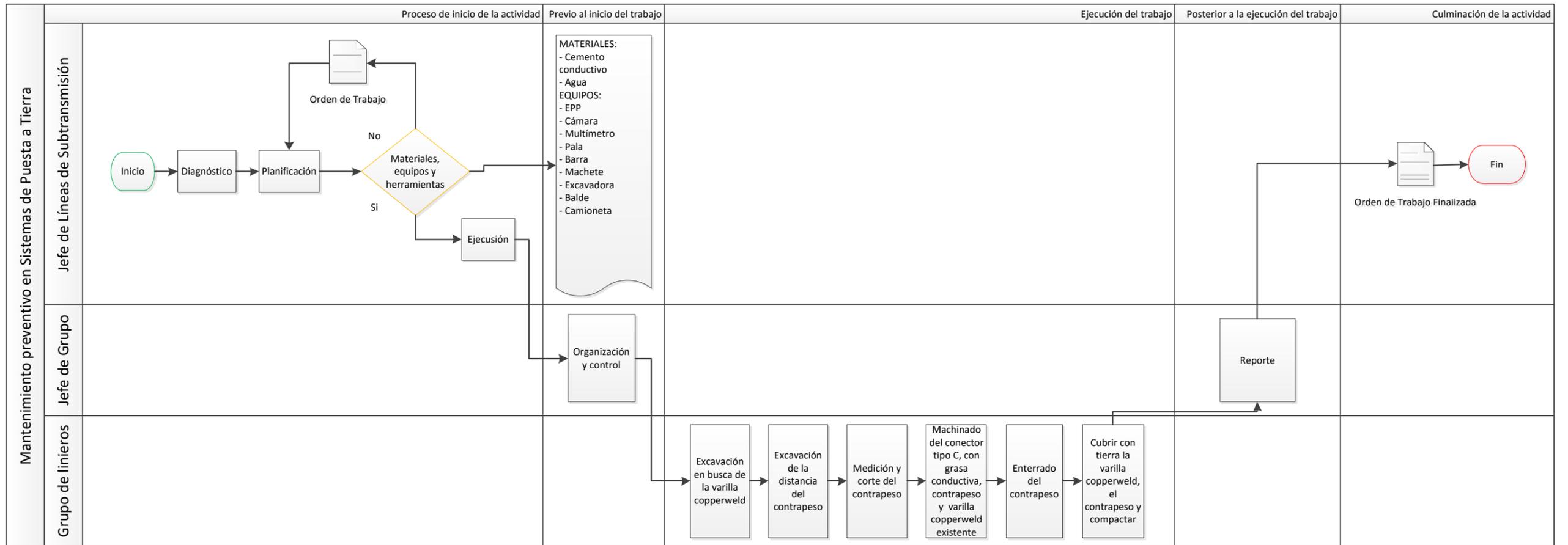
Anexo 28: Alta resistencia de la puesta a tierra - Conector tipo C deteriorado.



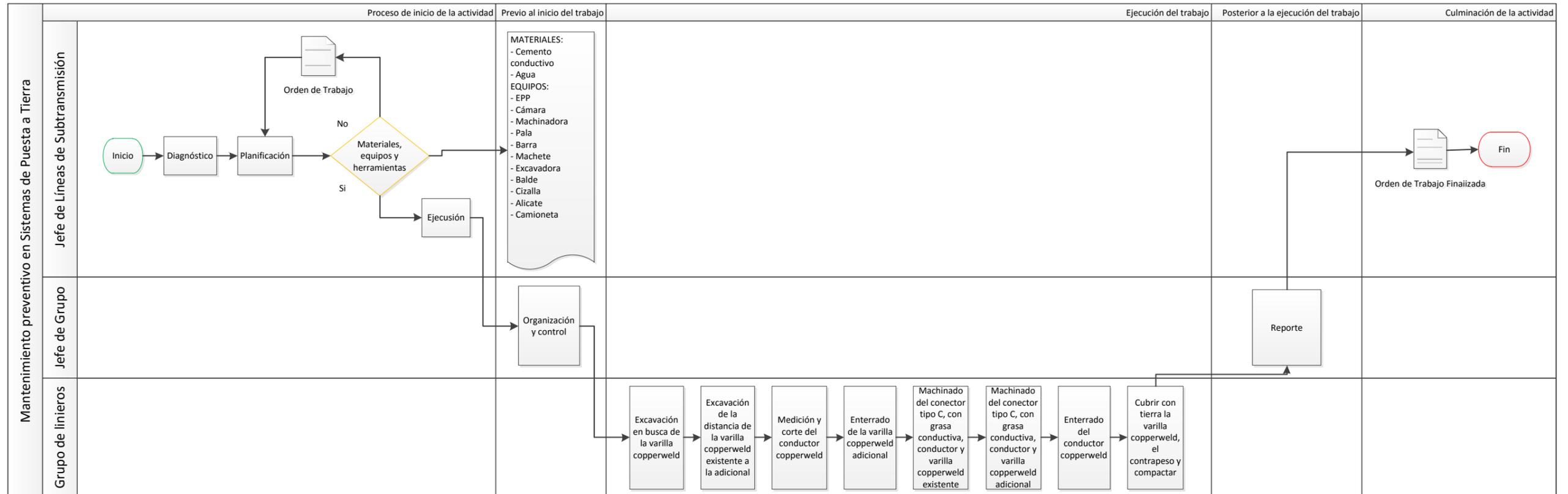
Anexo 29: Alta resistencia de la puesta a tierra - Varilla copperweld deteriorada.



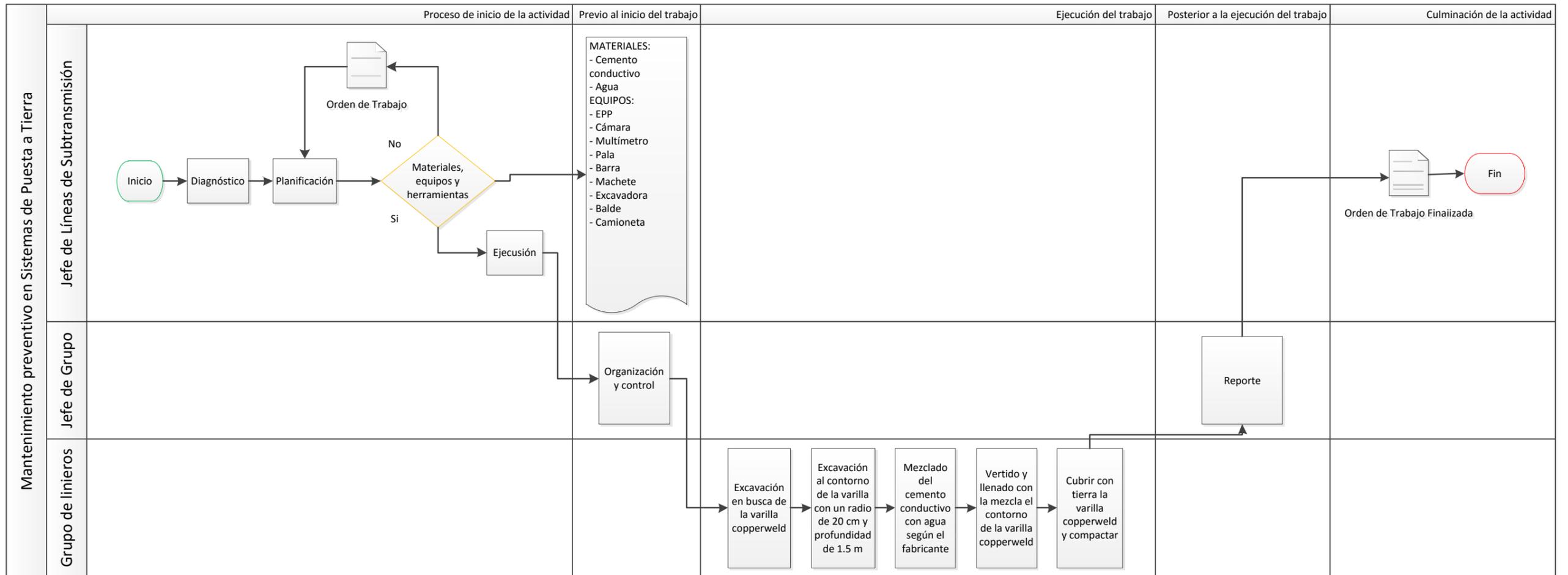
Anexo 30: Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 66 Ω·m y 81 Ω·m, colocación de contrapeso



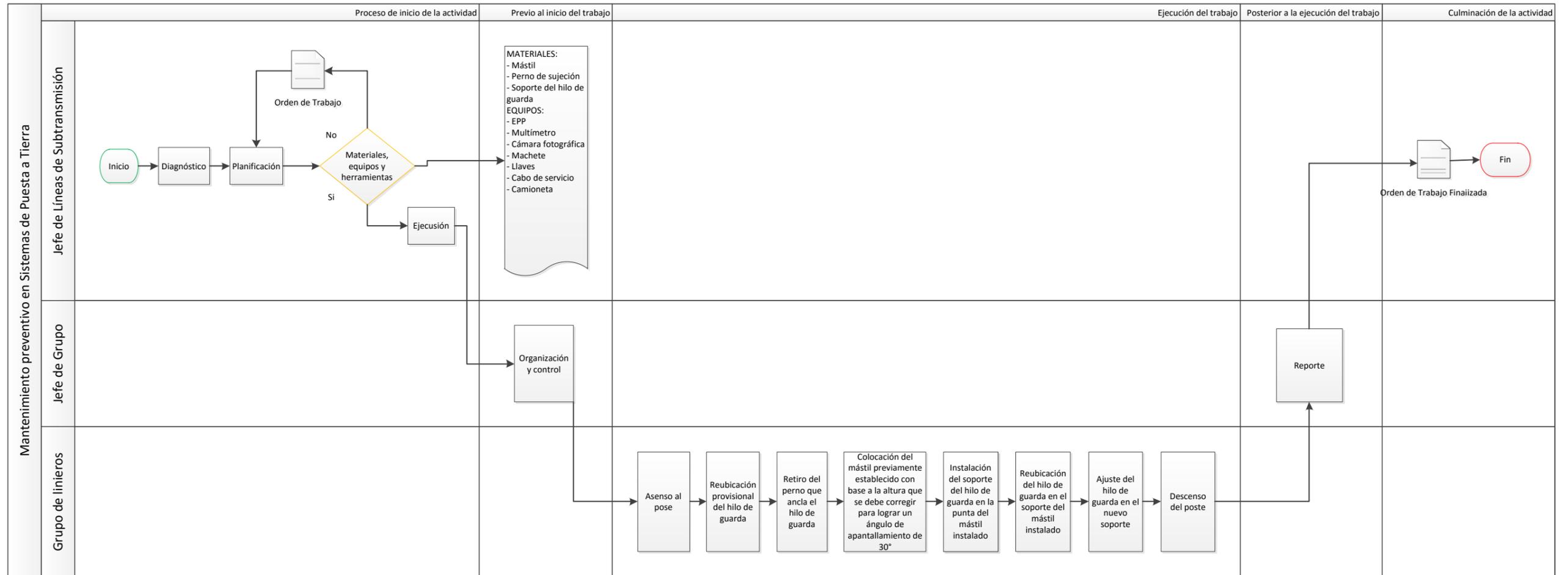
Anexo 31: Alta resistencia de la puesta a tierra – Alta resistividad del terreno entre 81 Ω m y 102 Ω m, incremento de 1 varilla copperweld



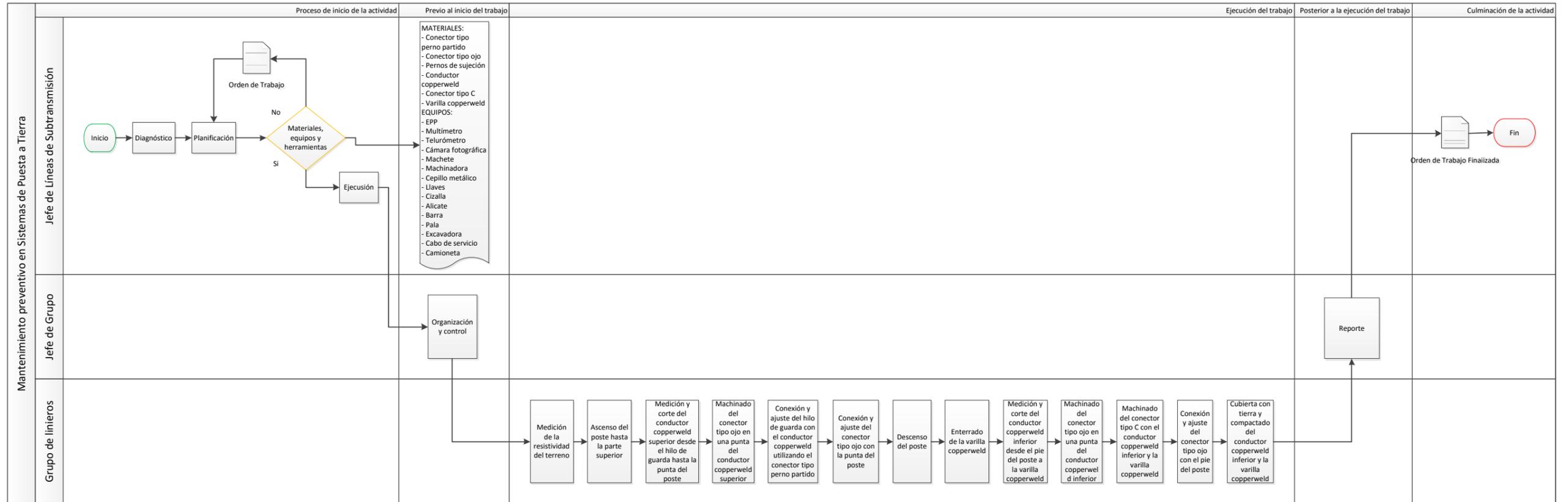
Anexo 32: Alta resistencia de la puesta a tierra - Alta resistividad del terreno.



Anexo 33: Mejora del ángulo de apantallamiento.



Anexo 34: Instalación de un SPAT en una LST.



Anexo 35: Diagrama unifilar de la CNEL EP Unidad de Negocio Sucumbíos.

