



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO, CONVERSIONES Y MEJORAS, EN  
LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y  
34.5KV EN VIVO.**

**Luis Carlos Perén Poyón**

Asesorado por el Ing. José Guillermo Bedoya Barrios

Guatemala, noviembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO, CONVERSIONES Y MEJORAS, EN  
LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y  
34.5KV EN VIVO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**LUIS CARLOS PERÉN POYÓN**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ GUILLERMO BEDOYA BARRIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia Garcia Soria
VOCAL II	Inga. Alba Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila
VOCAL IV	Br. José Milton de León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vaidez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

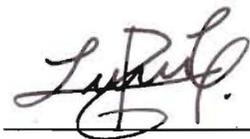
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Adolfo René Hernández Hernández
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alberto Mozcoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Gonzáles López
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vaidez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO, CONVERSIONES Y MEJORAS,  
EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE  
13.8KV Y 34.5KV EN VIVO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 1 de junio de 2009.



Luis Carlos Perén Poyón.



Guatemala 17 de agosto, 2009.

Señor coordinador del área de potencia.  
Escuela de ingeniería mecánica eléctrica.  
Facultad de ingeniería.  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por este medio me permito informarle, que he revisado completamente el trabajo de graduación del estudiante Luis Carlos Perén Poyón, titulado TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO, CONVERSIONES Y MEJORAS, EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV, EN VIVO. Dicho trabajo cumple con todos los objetivos propuestos en el anteproyecto de tesis.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y mi persona somos responsables del contenido del mismo.

Atentamente.

Ing. José Guillermo Bedoya Barrios.  
Colegiado No. 9846  
Asesor.





Ref. EIME 39..2009  
Guatemala, 23 de septiembre 2009.

Señor Director  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

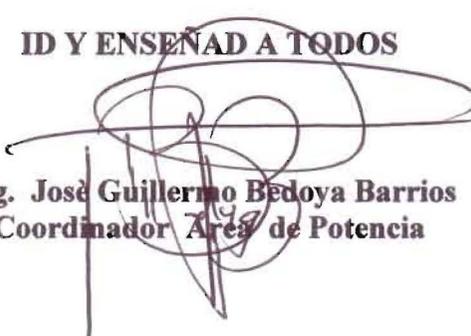
Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
“TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO, CONVERSIONES Y  
MEJORAS, EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE  
MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO”, del estudiante  
Luis Carlos Perén Poyón, que cumple con los requisitos establecidos  
para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
**Ing. José Guillermo Bedoya Barrios**  
**Coordinador Área de Potencia**

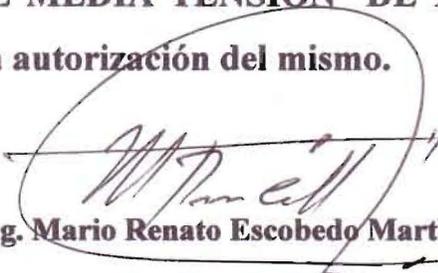


JGBB/sro



REF. EIME 62. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Luis Carlos Perón Poyón titulado: "TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO, CONVERSIONES Y MEJORAS, EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO", procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez



GUATEMALA, 24 DE SEPTIEMBRE 2,009.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO, CONVERSIONES Y MEJORAS, EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8 KV Y 34.5 KV EN VIVO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Carlos Perén Poyón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2009



/gdech

## **DEDICATORIA A**

DIOS	Por permitirme emprender este objetivo profesional de mi vida.
MIS PADRES	Luis Perén Salazar y Hermenegilda Poyón Cumez. Con amor y respeto por su apoyo incondicional, ya que sin ellos no hubiera sido posible este éxito, mis más sinceros agradecimientos.
MIS HERMANAS	Por sus muestras de apoyo.
MIS AMIGOS	Por su amistad, colaboración y apoyo.
FACULTAD DE INGENIERÍA	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Por haberme abierto sus puertas y ser la casa de estudios que me da la oportunidad de tener un título profesional de una manera responsable dirigida al servicio de Guatemala.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>XV</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XXIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XXIX</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXXI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXXIII</b>

## **1 LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA**

<b>TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV.</b>	<b>1</b>
1.1 Qué es una red de distribución de media tensión.	1
1.1.1 Normas presentes en las líneas de media tensión de distribución de 13.8kv y 34.5kv.	2
1.1.2 Definición de líneas de distribución.	3
1.2 Distancia de seguridad en la construcción de una línea de distribución.	4
1.2.1 Distancia de seguridad vertical sobre el nivel del suelo.	5
1.2.2 Distancia de seguridad entre conductores soportados por diferentes estructuras.	5
1.2.2.1 Distancia horizontal entre conductores.	5
1.2.2.2 Distancia vertical entre conductores.	6
1.2.3 Distancia de seguridad entre conductores soportados por la misma estructura.	6
1.2.3.1 Distancia horizontal entre conductores.	6
1.2.3.2 Distancia vertical entre conductores.	7
1.3 Componentes de una red de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv.	7

1.3.1 Cables conductores.	7
1.3.2 Postes.	10
1.3.3 Herrajes.	11
1.3.3.1 Terminación superficial.	14
1.3.3.2 Protección contra la corrosión.	14
1.3.3.3 Sujeción entre las piezas.	15
1.3.3.3 Materiales utilizados en los herrajes.	15
1.4 Aisladores en las líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv.	16
1.4.1 Material de los aisladores.	18
1.4.1.1 Aisladores de porcelana.	18
1.4.1.2 Aisladores de vidrio.	20
1.4.1.3 Aisladores tipo polímero.	20
1.4.2 Forma física de los aisladores para líneas de distribución de 13.8kv y 34.5kv.	22
1.4.2.1 Aisladores tipo campana.	22
1.4.2.2 Aisladores tipo barra.	22
1.4.2.3 Aisladores rígidos.	23
1.4.3 Características mecánicas.	23
1.4.4 Características eléctricas.	24
1.4.5 Transformadores de distribución.	27
1.4.5.1 Limitación térmica.	29
1.4.5.2 Limitación económica.	30
1.5 Elementos de protección en líneas de media tensión de distribución de 13.8kv y 34.5kv.	30
1.5.1 La protección contra sobre carga.	30
1.5.2 Protección contra sobre tensiones.	32
1.5.2.1 Características eléctricas.	33
1.5.2.2 Características mecánicas.	37

<b>2 TRABAJOS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.</b>	<b>41</b>
2.1 Definición de trabajos en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	41
2.2 Importancia de los trabajos en líneas vivas.	41
2.3 Perfil del personal que realiza trabajos en línea vivas.	42
2.3.1 Perfil técnico.	42
2.3.2 Perfil psíquico.	43
2.3.3 Perfil físico.	44
2.3.4 Test para la obtención de criterios en la evaluación de factores, técnicos y psicológicos para personal de trabajo en líneas vivas.	45
2.4 Medidas de seguridad cuando se realicen trabajos en líneas vivas.	51
2.4.1 Procedimientos generales para el trabajo en línea viva.	52
2.4.2 Normas generales para el trabajo en línea viva.	52
2.4.3 Maniobras complicadas en trabajos en líneas vivas.	54
2.4.4 Señalización y delimitación de zonas de trabajo en líneas vivas.	54
2.4.5 Normas para trabajos en alturas desde el equipo o vehículo con canasta.	56
2.4.6 Distancias mínimas en trabajos en líneas vivas.	57
2.5 Normas de fabricación, chequeos de equipos y herramientas para trabajos en líneas vivas.	58
2.6 Herramienta que se utiliza en trabajos con líneas vivas.	60
2.6.1 Pértiga escopeta Grip-all.	61
2.6.2 Pértiga telescópica.	62
2.6.3 Pértigas de soporte de conductor.	64
2.6.4 Pértigas para uso universal.	65
2.6.4.1 Cabeza de punta giratoria.	66

2.6.4.2	Cabeza de hoja giratoria.	67
2.6.4.3	Cepillo para limpiar conductores.	68
2.6.4.4	Sierra podadora.	69
2.6.4.5	Cabeza desconectadora de pértiga.	69
2.6.4.6	Desconectador universal.	70
2.6.4.7	Desconectador universal con bloqueo.	71
2.6.4.7	Desconectador universal con sujeción de fusible.	71
2.6.5	Varas de uso especial.	74
2.6.5.1	Vara eslabón de tensión.	75
2.6.5.2	Vara eslabón espira.	76
2.6.5.3	Vara eslabón de rodillo.	76
2.6.6	Poleas aisladas.	77
2.6.7	Tensores de acero forjado o comelones.	77
2.6.8	Herramienta para corte.	78
2.6.8.1	Cortadoras de conductor.	78
2.6.8.2	Cortadoras de conductor tipo trinquete.	79
2.6.8.3	Cortadoras hidráulicas.	80
2.6.9	Herramienta de uso personal.	81
2.7	Equipo que se utiliza en los trabajos en líneas vivas.	82
2.7.1	Equipo de seguridad y protección eléctrica para el personal.	82
2.7.1.1	Cuidados a elementos de protección personal.	83
2.7.2	Casco de seguridad.	84
2.7.3	Guantes dieléctricos.	85
2.7.4	Mangas dieléctricas.	87
2.7.5	Zapatos aislantes.	88
2.7.6	Gafas con filtro UV.	89
2.7.7	Guantes de labor.	90
2.7.8	Traje dieléctrico o conductor para trabajos con líneas vivas.	91

2.7.9	Equipo de señalización y comunicación.	92
2.7.10	Varillas aislantes.	92
2.7.11	Equipo de puesta a tierra.	93
2.7.12	Cinturón y correa de seguridad.	94
2.8	Equipo para trabajos en partes elevadas en líneas vivas.	95
2.8.1	Escaleras aisladas.	95
2.8.2	Trepaderas.	96
2.8.3	Vehículos tipo grúa con canasta.	97
2.8.4	Plataformas.	98
2.9	Cobertores para trabajos en líneas vivas.	99
2.9.1	Juegos de puentes aislados.	102
2.9.2	Cubiertas para cortacircuitos.	103
2.9.3	Cubiertas para remates.	104
2.9.4	Cubiertas para conductor y aislador.	105
2.9.5	Cubiertas para postes.	106
2.9.6	Cubierta para conductor aislador y remate.	107
2.9.7	Cubierta para punta de poste.	108
2.9.8	Cubierta para extremo de cruceta.	109
2.9.9	Cubierta para aislador line post.	110
2.9.10	Cubierta para conductor y aislador.	111
2.9.11	Mantas aislantes.	112
2.9.12	Mangueras flexibles para líneas.	113
2.9.13	Mangueras flexibles de borde extendido para líneas.	114
2.10	Primeros auxilios para accidentes en trabajos en línea vivas.	115
2.10.1	Consideraciones especiales.	117

<b>3 TÉCNICAS PARA TRABAJOS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN EN VIVO.</b>	119
3.1 Introducción a las técnicas para trabajos en líneas vivas.	119
3.1.1 Breve reseña histórica.	120
3.1.2 Uso de las técnicas en los trabajos con líneas vivas.	120
3.1.3 Jerarquía del personal en trabajos en líneas vivas.	122
3.1.3.1 Operador o liniero.	122
3.1.3.2 Jefe del equipo.	123
3.1.3.3 Experto o especialista.	123
3.1.3.4 Instructor o entrenador.	123
3.1.3.4.1 Conservación del la competencia.	126
3.1.3.5 Jefe de los trabajos en líneas vivas.	127
3.1.3.5.1 Responsabilidades claves del jefe de los trabajos en líneas vivas.	128
3.1.3.5.2 Condiciones que debe cumplir un jefe de trabajos en líneas vivas.	129
3.1.4 Trabajos y maniobras en instalaciones de media tensión.	130
3.1.5 Ejecución y organización de trabajos en líneas vivas.	131
3.1.5.1 Ejecución del trabajo.	131
3.1.5.2 Organización del trabajo.	132
3.1.6 Procedimientos de ejecución.	132
3.1.7 Ejecución de trabajos en proximidad de instalaciones de media tensión en servicio.	136
3.1.8 Protección contra riesgos de contacto directos.	136
3.1.9 Disposiciones complementarias.	137
3.2 Clasificación de las técnicas para trabajos en líneas vivas.	138
3.2.1 Técnica de distancia.	139
3.2.1.1 Principio básico.	139
3.2.1.2 Ventaja de la técnica de distancia.	143

3.2.1.3	Desventaja de la técnica de distancia.	144
3.2.1.4	Recomendación para la conformación de cuadrillas para la técnica de distancia.	145
3.2.1.5	Aplicación de la técnica de distancia.	145
3.2.2	Técnica de contacto.	145
3.2.2.1	Principio básico.	145
3.2.2.2	Ventajas de la técnica de contacto.	147
3.2.2.3	Desventaja de la técnica de contacto.	148
3.2.2.4	Recomendación para la conformación de cuadrillas para la técnica de contacto.	148
3.2.2.5	Campos de aplicación de la técnica de contacto.	149
3.2.3	Técnica de potencial.	149
3.2.3.1	Principio básico.	149
3.2.3.2	Ventaja de la técnica a potencial.	151
3.2.3.3	Desventajas de la técnica a potencial.	152
3.2.3.4	Recomendación para la conformación de cuadrillas para la técnica de potencial.	152
3.2.3.5	Campos de aplicación de la técnica de potencial.	152
3.2.4	Técnica robótica.	153
3.2.4.1	Principio básico.	153
3.2.4.2	Ventaja de la técnica robótica.	156
3.2.4.3	Desventaja de la técnica robótica.	157
3.2.4.4	Recomendación para la conformación de cuadrillas para la técnica robótica.	157
3.2.4.5	Campos de aplicación de la técnica robótica.	158

<b>4 MANTENIMIENTO EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.</b>	<b>159</b>
4.1 Mantenimiento en líneas de distribución.	159
4.2 Mantenimiento predictivo.	159
4.2.1 Inspección general de líneas de media tensión en vivo.	160
4.2.2 Equipamiento para el inspector.	162
4.2.3 Sentido de recorrido al realizar una inspección de línea en vivo.	162
4.2.4 Instructivos de inspección.	164
4.2.5 Inspección termográfica en líneas de media tensión de distribución en vivo.	164
4.2.5.1 Definición de termográfica.	164
4.2.5.2 Ventajas de la termografía.	167
4.2.5.3 Aplicaciones de la termografía.	167
4.2.5.4 Aplicaciones de la termografía en inspecciones de líneas eléctricas en vivo.	168
4.3 Mantenimiento preventivo.	169
4.3.1 Lavado de aislamiento en postes.	170
4.3.1.1 Agua a presión alta.	171
4.3.1.2 Agua a presión media.	171
4.3.1.3 Agua a baja presión.	172
4.3.1.4 Boquilla de aspersion fija para agua a presión.	174
4.3.1.5 Limpieza con aire comprimido y seco.	174
4.3.1.6 Frotación con paño de líneas vivas.	175
4.3.2 Poda de arboles en líneas vivas.	176
4.3.2.1 Poda de arbolado.	177
4.3.2.2 Limpieza de maleza y arbustos.	178
4.3.2.3 Limpieza de estructuras.	178

4.3.2.4	Marco legal para poda y tala en Guatemala.	178
4.3.2.5	Arboles bajo la línea que no afecta la seguridad de la misma.	181
4.3.2.6	Talado y poda necesarios en la líneas eléctricas.	182
4.3.2.7	Causas por las cuales un árbol se puede podar.	185
4.3.2.8	Tala de arboles en líneas vivas.	187
4.3.3	Limpieza general de tendido de cables aéreos y estructuras de media tensión en vivo.	189
4.3.3.1	Objetos extraños presentes en cables conductores.	190
4.3.3.2	Objetos extraños presentes en estructuras.	191
4.4	Mantenimiento correctivo en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	191
4.4.1	Cambio de aislador de pin.	192
4.4.2	Cambio de aislador de suspensión.	194
4.4.3	Cambio de cortacircuitos en vivo.	196
4.4.4	Cambio de seccionadores o cuchillas en vivo.	198
4.4.5	Cambio de pararrayos en vivo.	201
4.4.6	Cambio de cruceros de madera y metal.	203
4.4.6.1	Cambio de cruceros en estructura tipo cruz y tipo bandera sencilla con la técnica de distancia.	203
4.4.6.2	Cambio de cruceros en estructuras tipo cruz y tipo bandera con la técnica de contacto.	205
4.4.6.3	Cambio de cruceros en estructuras tipo cruz y bandera doble con la técnica de contacto.	206
4.4.7	Cambio de puentes en las estructuras de media tensión.	207
4.4.8	Reparación de líneas dañadas en sistemas de distribución de media tensión.	208
4.4.9	Cambio de postes chocados o deteriorados en líneas de media tensión.	211

<b>5 CONVERSIONES DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.</b>	<b>213</b>
5.1 Conversión de línea monofásica a trifásica de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	216
5.1.1 Condiciones para que se realice una conversión monofásica a trifásica en vivo.	216
5.1.2 Procedimientos para desarrollar una conversión de línea monofásica a trifásica.	223
5.1.3 Procedimientos para realizar una conversión monofásica a trifásica en vivo.	224
5.2 Conversión de línea de monofásica a bifásica de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	226
5.2.1 Condiciones para que se realice una conversión monofásica a bifásica en vivo.	232
5.2.2 Procedimientos para desarrollar una conversión de línea monofásica a bifásica.	232
5.2.3 Procedimientos para realizar una conversión monofásica a bifásica en vivo.	233
5.3 Conversión de línea de bifásica a trifásica de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	236
5.3.1 Condiciones para que se realice una conversión bifásica a trifásica en vivo.	242
5.3.2 Procedimientos para desarrollar una conversión de línea bifásica a trifásica.	242
5.3.3 Procedimientos para realizar una conversión bifásica a trifásica en vivo.	243

<b>6 MEJORAS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.</b>	<b>247</b>
6.1 Descripción de mejoras en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv.	247
6.2 Importancia de los sistemas de bajada a tierra en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv.	248
6.2.1 Problemas eléctricos típicos debido a sobretensiones.	256
6.2.1.1 Fluctuaciones lentas de la tensión.	256
6.2.1.2 Bajadas y subidas de tensión.	257
6.2.1.3 Interrupciones del suministro eléctrico.	257
6.2.1.4 Sobretensiones e impulsos de corta duración.	258
6.2.1.5 Cambios de frecuencia.	258
6.2.2 Efectos de las sobretensiones y de los impulsos de corta duración.	259
6.2.2.1 Líneas de potencia.	259
6.2.2.2 Líneas telefónicas.	260
6.2.2.3 Antenas de radio o microondas.	260
6.2.2.4 Descargas electroestáticas.	261
6.2.3 Consecuencias en sistemas no protegidos.	261
6.2.4 Conceptos para la protección contra descargas atmosféricas.	262
6.2.5 El sistema de puesta a tierra en relación con la seguridad de las personas.	265
6.2.6 Métodos de puesta a tierra.	265
6.2.6.1 Sistema no puesto a tierra.	266
6.2.6.2 Sistemas puestos a tierra.	267
6.3 Materiales utilizados para bajadas a tierra en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv.	269

6.3.1	Cable de cobre.	271
6.3.2	Varillas de cobre o electrodos de puesta a tierra.	271
6.3.3	Bentonita.	272
6.3.4	Soldaduras para uniones exotérmicas.	273
6.3.5	Conectores de compresión.	273
6.3.6	Cinta bandit.	273
6.3.7	Hevillas.	274
6.3.8	Protector de madera.	274
6.4	Medición de la impedancia de electrodos de tierra.	274
6.4.1	Valor de la resistencia con conexión a tierra física.	274
6.4.2	Métodos de medición de tierra física.	275
6.4.3	Método de caída de potencial.	277
6.4.4	Método selectivo.	279
6.4.5	Método sin estaca o picas.	280
6.4.6	Método bipolar.	282
6.4.7	Medición mediante megger tipo gancho.	283
6.4.8	Seguridad en la medición de tierras.	286
6.5	Proyecciones y mejoras de bajadas a tierra en transformadores de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	287
6.5.1	Proyección de bajada a tierra en transformadores de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	288
6.5.2	Procedimiento para la instalación de una bajada a tierra en transformadores de distribución en vivo, para postes de madera.	291
6.5.3	Procedimiento para la instalación de una bajada a tierra en transformadores de distribución en vivo para postes concreto.	292

6.5.4	Mejora de bajada a tierra a transformadores de distribución en vivo.	293
6.5.5	Procedimiento para la mejora de una bajada a tierra en transformadores de distribución en vivo.	295
6.6	Proyección y mejoras de bajadas a tierra en pararrayos en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	296
6.6.1	Proyección de pararrayos a líneas de distribución de media tensión.	297
6.6.2	Procedimiento para la instalación de pararrayos en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv, en vivo para postes de concreto.	300
6.6.3	Procedimiento para la instalación de pararrayos en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv, en vivo para postes de madera.	302
6.6.4	Procedimiento para la mejora de una bajada a tierra en pararrayos para líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en postes de madera y concreto en vivo.	303
6.7	Proyección y mejoras de bajadas a tierra en hilos de guarda en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo.	307
6.7.1	Procedimiento para la instalación de una bajada a tierra para hilos de guarda en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv para postes de madera en vivo.	309
6.7.2	Procedimiento para la instalación de una bajada a tierra para hilos de guarda en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv para postes de concreto en vivo.	311

6.7.3 Procedimiento para la mejora de una bajada a tierra para hilos de guarda en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv para postes de madera y concreto en vivo.	312
--	-----

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>317</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>321</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>325</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>329</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Red de distribución de media tensión.	1
2	Ramales en un circuito de distribución.	4
3	Herrajes para líneas de media tensión.	11
4	Aisladores y herrajes para líneas de media tensión.	12
5	Aisladores tipo, poste, suspensión y pin.	18
6	Aislador de porcelana tipo line post.	20
7	Aislador de vidrio tipo retención.	20
8	Aisladores de polímero tipo retención.	21
9	Soportes para transformadores para líneas de media tensión.	28
10	Gráfica relación vida útil contra temperatura.	29
11	Cortacircuito para una línea de media tensión de distribución.	30
12	Caña de cortacircuito para una línea de media tensión de distribución.	31
13	Pararrayos para una línea de media tensión de distribución.	33
14	Señalización cuando se realizan trabajos en líneas vivas.	55
15	Pértiga escopeta Grip-All.	62
16	Pértiga telescópica.	63
17	Pértigas de soporte de conductor.	64
18	Pértigas para uso universal.	65
19	Cabeza para punta giratoria para amarres.	67
20	Hoja giratoria para amarres.	67
21	Cepillo para limpiar conductores tipo V.	68
22	Cepillo semitubular para limpiar conductores.	68
23	Sierra podadora para pértiga.	69
24	Cabeza desconectadora de pértiga.	70

25	Desconectador universal.	70
26	Desconectador universal con bloqueo.	71
27	Desconectador universal con sujeción de fusible.	72
28	Vara eslabón de tensión.	75
29	Vara eslabón espiral.	76
30	Vara eslabón de rodillo.	77
31	Poleas aisladas.	77
32	Tensores o comelones.	78
33	Cortadora de conductor.	79
34	Cortadora de cable tipo trinquete.	79
35	Cortadora de cable hidráulica.	80
36	Herramienta de uso personal.	81
37	Cascos de seguridad bajo normas ANSI.	84
38	Guantes dieléctricos.	86
39	Mangas dieléctricas.	87
40	Zapatos aislados.	89
41	Gafas con filtro uv.	89
42	Liniero usando equipo personal para líneas vivas.	90
43	Guantes de labor.	91
44	Traje dieléctrico o conductivo.	92
45	Cables de puesta a tierra.	93
46	Escalera para trabajos en líneas vivas.	96
47	Vehículo con puesta a tierra.	97
48	Plataformas para trabajos en líneas vivas.	98
49	Puentes aislados.	102
50	Cubierta para cortacircuito.	103
51	Cubierta para remates.	104
52	Cubierta para conductores.	105
53	Cubierta para aislador tipo pin.	105

54	Cubierta para postes.	106
55	Cubierta para aislador y remate.	107
56	Cubierta para punta de postes.	109
57	Cubierta para extremos de cruceta.	109
58	Cubierta para aislador tipo line post.	110
59	Cubierta para conductor y aislador.	111
60	Mantas aislantes.	112
61	Mangueras flexibles para conductores.	113
62	Mangueras flexibles de borde extendido.	114
63	Trayectorias de la corriente en el cuerpo humano.	116
64	Ilustración de una de las opciones para colocar las pértigas de soporte de conductor en la técnica de distancia.	141
65	Pértigas de soporte de conductor en técnica de distancia.	142
66	Cambio de aislador de pin con técnica de distancia.	143
67	Colocación de cobertores para la técnica de contacto.	146
68	Linieros utilizando la técnica de contacto.	146
69	Liniero utilizando grúa con la técnica de contacto.	147
70	Persona utilizando un traje conductor.	149
71	Liniero trabajando con la técnica de potencial.	150
72	Aplicación de la técnica robótica.	154
73	Aplicación de la técnica robótica.	155
74	Recorrido en una inspección.	163
75	Perfil de traza para poda y talado de arboles.	182
76	Líneas de media tensión con necesidad de poda.	185
77	Tala de arboles en líneas de media tensión.	187
78	Cambio de aislador de pin.	193
79	Cambio de aislador de suspensión.	195
80	Conexión de puente aislado.	197
81	Apertura de cuchilla, con rompecargas.	199

82	Tramo de línea trifásica, con derivación monofásica.	217
83	Tramo de línea trifásica, con conversión de derivación monofásica a trifásica.	222
84	Tramo de línea trifásica, con derivación monofásica.	227
85	Tramo de línea trifásica, con conversión de derivación monofásica a bifásica.	231
86	Tramo de línea trifásica, con derivación bifásica.	237
87	Tramo de línea trifásica, con conversión de derivación bifásica a trifásica.	241
88	Rayo sobre hilo de guarda.	255
89	Circuito equivalente de impacto de rayo.	255
90	Método de caída de potencial.	278
91	Método selectivo.	280
92	Método sin estacas o picas.	281
93	Método bipolar.	282
94	Megger tipo gancho o dona.	284
95	Transformador de distribución con bajada a tierra.	288
96	Bajada a tierra en poste de concreto.	290
97	Mejora de tierra en transformador de distribución en poste de madera.	294
98	Pararrayos para líneas de media tensión.	297
99	Pararrayos instalado en poste de concreto, con bajada de tierra interna.	298
100	Mejora de bajada de tierra para pararrayos con tres varillas de cobre, en poste de concreto.	305
101	Proyección de bajada de tierra para hilo de guarda con una varilla de cobre, en poste de madera.	309
102	Mejora de bajada de tierra para hilo de guarda con una varilla de cobre, en poste de madera.	313

## TABLAS

I	Características de los principales conductores para líneas de media tensión.	8
II	Características del cable dúplex.	9
III	Profundidad para excavación de postes.	10
IV	Aisladores de porcelana o vidrio normalizados.	19
V	Aisladores tipo polímero bajo normas IEC y ANSI.	21
VI	Características aisladores de retención poliméricos.	26
VII	Características establecidas para transformadores de distribución.	28
VIII	Características eléctricas para cortacircuitos.	32
IX	Clasificación de pararrayos de óxido metálico sin explosores según In.	35
X	Tensiones soportadas para el revestimiento de pararrayos.	37
XI	Características para pararrayos.	39
XII	Test de evaluación del grado de responsabilidad profesional.	47
XIII	Test para descripción del grado de conciencia de sí mismo.	49
XIV	Factores recomendados para su evaluación, para personal de líneas vivas.	50
XV	Mínima puntuación recomendada de los factores para los distintos factores a calificar.	51
XVI	Distancias mínimas.	52
XVII	Normas de fabricación y chequeo de equipos y herramientas.	59
XVIII	Clasificación de colores del equipo de protección, según el nivel de tensión.	60

XIX	Clasificación del nivel de protección para guantes dieléctricos.	87
XX	Clasificación de aislamiento para cubiertas.	99
XXI	Clasificación de colores del equipo de protección según el nivel de tensión.	138
XXII	Distancia mínimas para trabajos en línea viva.	140
XXIII	Formato de inspección general de línea.	165
XXIV	Lavado de aislamiento en vivo.	173
XXV	Simbología para trazos de líneas.	215
XXVI	Material para estructura en punto 1, figura 83.	218
XXVII	Material para ancla sencilla en punto 1, 3 y 5 figura 83.	219
XXVIII	Material para estructura en punto 2, figura 83.	219
XXIX	Material para estructura en punto 3, figura 83.	220
XXX	Material para estructura en punto 4, figura 83.	220
XXXI	Total de cable a utilizar para la conversión figura 83.	221
XXXII	Material para estructura en punto 5, figura 83.	221
XXXIII	Material para estructura en punto 1, figura 85.	228
XXXIV	Material para ancla sencilla en punto 1, 3 y 5 figura 85.	228
XXXV	Material para estructura en punto 2 y 4 figura 85.	229
XXXVI	Material para estructura en punto 3, figura 85.	229
XXXVII	Total de cable a utilizar para la conversión figura 85.	230
XXXVIII	Material para estructura en punto 5, figura 85.	230
XXXIX	Material para estructura en punto 1, figura 87.	238

XXXX	Material para ancla sencilla en punto 1, 3, 4 y 5 figura 87.	238
XXXXI	Material para estructura en punto 2, figura 87.	239
XXXXII	Material para estructura en punto 3 y 4 figura 87.	239
XXXXIII	Total de cable a utilizar para la conversión figura 87.	240
XXXXIV	Material para estructura en punto 5 figura 87.	240
XXXXV	Métodos de medición de bajada a tierra.	285
XXXXVI	Material mejora de bajada a tierra, poste de madera.	289
XXXXVII	Material proyección de bajada a tierra, poste de concreto.	290
XXXXVIII	Material mejora de bajada a tierra.	295
XXXXIX	Material para proyección de bajada a tierra, poste de concreto	299
L	Material para proyección de bajada a tierra, poste de madera.	300
LI	Material mejora de bajada a tierra.	304
LII	Material para proyección de bajada a tierra, poste de madera.	307
LIII	Material para proyección de bajada a tierra, poste de concreto.	308
LIV	Material para mejora de bajada a tierra.	314
LV	Distancia de seguridad vertical de conductores al nivel del suelo.	329
LVI	Distancia vertical entre conductores soportados por diferentes estructuras.	330

LVII	Distancia horizontal entre conductores soportados por la misma estructura.	331
LVIII	Distancia vertical entre conductores del mismo circuito.	332

## GLOSARIO

<b>AAAC</b>	Es el conductor de aleación de aluminio.
<b>AAC</b>	Es el conductor de aluminio.
<b>Aterrizado</b>	Conectado o en contacto con la tierra, o conectado a alguna extensión de un cuerpo conductivo que sirve en lugar de la tierra.
<b>ACSR</b>	Es el conductor de aluminio reforzado con alma de acero.
<b>Aislador</b>	Se aplica a cuerpos, que no permiten el paso de corriente eléctrica.
<b>ANSI</b>	Son las siglas que identifican a American National Standards Institute.
<b>ASTM</b>	Son las siglas que identifican a American Standard of Testing and Materials.
<b>Baja tensión</b>	Nivel de tensión igual o inferior a mil (1,000) voltios.
<b>Campo eléctrico</b>	Magnitud vectorial definida como el cociente de la fuerza eléctrica entre la carga.
<b>Catenaria</b>	Curva formada por un cable, cadena o cuerda suspendida de dos puntos, que no están en la misma vertical.
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad (México).

<b>Conductor</b>	Material, generalmente en la forma de alambre, cable o barra, capaz de conducir una corriente eléctrica.
<b>Corriente alterna</b>	Es la corriente eléctrica que cambia periódica y rápidamente de dirección.
<b>Corriente directa</b>	Es la corriente eléctrica, que fluye siempre en la misma dirección.
<b>Deflexión</b>	Es el ángulo de cambio de dirección en la trayectoria de la línea de transmisión.
<b>Elongación</b>	Es el valor unitario de la deformación sufrida por un material, que está sometido a un determinado esfuerzo.
<b>Energía</b>	Es la capacidad de la materia de efectuar trabajo.
<b>Esfuerzo</b>	Es la fuerza por unidad de área a que se somete un material.
<b>Estructura</b>	Es la unidad principal de soporte, que generalmente se aplica al poste o torre adaptado para ser usado como medio de suspensión de líneas aéreas de energía eléctrica.
<b>Falla</b>	Corresponde a una indisponibilidad forzada.
<b>Frecuencia nominal</b>	Es la frecuencia nominal del Sistema Eléctrico Nacional, con un valor de 60 Hertz.
<b>Hz</b>	Hertz. Unidad de frecuencia eléctrica.

<b>IEEE</b>	Son las siglas que identifican al Institute of Electrical and Electronics Engineers.
<b>IEC</b>	Son las siglas que identifican a International Electrotechnical Comision.
<b>kV</b>	Kilovoltios. Unidad de tensión eléctrica.
<b>kVA</b>	Kilovoltamperios. Unidad de potencia aparente.
<b>Libramiento</b>	Es la distancia mínima establecida entre superficies, de un objeto energizado y otro energizado o no, o persona para garantizar que éste no se encuentre en riesgo de recibir descargas eléctricas.
<b>Límite elástico</b>	Es el esfuerzo más allá del cual el material no recupera totalmente su forma original al ser descargado.
<b>Línea</b>	Es el medio físico que permite conducir energía eléctrica entre dos puntos. Las líneas podrán ser de transmisión o de distribución, de acuerdo a su función.
<b>Media tensión</b>	Nivel de tensión mayor a 1000v y menor a 60000V.
<b>NESC</b>	Son las siglas que identifican el National Electrical Security Code.
<b>NTDOID</b>	Son las normas técnicas de diseño y operación de instalaciones de distribución.

<b>NTDOST</b>	Son las normas técnicas de diseño y operación de sistemas de transporte.
<b>Parábola</b>	Es la figura geométrica, cuyos puntos son equidistantes de un punto fijo llamado foco y de una recta también fija llamada directriz.
<b>Peaje</b>	Es el pago que devenga el propietario de las instalaciones de transmisión, transformación o distribución por permitir el uso de dichas instalaciones para la transportación de potencia y energía eléctrica por parte de terceros.
<b>Polímero</b>	Es un compuesto químico natural o sintético, formado por polimerización y que consta esencialmente de unidades estructurales repetidas.
<b>Potencial eléctrico</b>	Es la cantidad de energía eléctrica acumulada en un conductor que se mide en voltios.
<b>Resistividad</b>	Puede definirse como la resistencia de un centímetro cúbico de un material medido entre caras opuestas.
<b>Sistema de tierra</b>	Es un sistema de conductores, de los cuales uno de ellos o un punto de los mismos está, efectivamente, aterrizado, ya sea en forma sólida o a través de un dispositivo limitador de corrientes no interrumpibles.
<b>Sistema de distribución</b>	Es el conjunto de instalaciones desde 120 voltios, hasta tensiones de 34.5 kV encargadas de entregar energía eléctrica a los usuarios.

**Transmisión** Es la actividad que tiene por objeto el transporte de energía eléctrica, a través de sistema de transmisión.

**Tensión nominal de diseño** Es la tensión eficaz entre fases con que se designa el sistema y a la que están referidas ciertas características de operación del mismo.

**Tensión nominal de servicio** Es el valor máximo de tensión entre fases, para el cual está diseñado el equipo con relación a su aislamiento.

**Tierra** Es el potencial eléctrico de referencia.

**Vano** Es la distancia horizontal entre dos estructuras consecutivas de una línea de transmisión.



## RESUMEN

Se le denomina trabajo en línea viva o trabajo con tensión a todo tipo de trabajo, durante el cual una persona toca con partes de su cuerpo o con objetos, cualquier componente que forma parte de una línea eléctrica, que se encuentran bajo tensión, o se aproxima a piezas que se encuentran bajo tensión dentro de la zona de peligro. La zona de peligro, que en algunas normas es denominada “zona de trabajo en tensión”, es aquella que se encuentra alrededor de un conductor en tensión y en la que la protección aislante contra la corriente eléctrica sólo puede ser garantizada tomando medidas adicionales de seguridad, por ejemplo el uso de guantes de goma aislantes, alfombrillas aislantes, herramientas aisladas como pértigas aislantes entre otras.

En los últimos años las empresas de generación, transmisión y distribución de electricidad en América Latina, Europa y en otras partes del mundo se han visto presionadas a operar bajo un nuevo clima comercial. Muchas de estas antiguas empresas que antes eran estatales fueron privatizadas, por ejemplo en Guatemala podemos citar la incorporación de Unión Fenosa en el mercado de distribución de energía eléctrica, estas nuevas empresas se encontraron ante condiciones económicas absolutamente nuevas o diferentes.

El énfasis se pone ahora en el servicio al cliente, el cual se refleja en la fiabilidad y en la continuidad del abastecimiento eléctrico. A ello se añade la búsqueda de la actividad económica esencial y la realización del beneficio financiero para los accionistas. En muchos países se crearon autoridades reguladoras para supervisar las actividades financieras de estas nuevas empresas y el objetivo de las autoridades reguladoras es lograr la eficiencia monetaria de las mismas.

Por otro lado, ha crecido la presión política en busca de mayores libertades para la transferencia de corriente eléctrica en el continente. Estas presiones conllevaron a que, junto a los procedimientos de trabajo ya existentes, el trabajo en líneas vivas y en especial el trabajo en líneas vivas en el sector de alta tensión en sus cuatro formas de trabajo que son, a contacto, a potencial, a distancia y robótica, se empleen en mayor medida. Muchos de los trabajos en los que hasta ahora el sistema, la instalación o el dispositivo eran antes desconectados se realizan hoy en línea viva, para garantizar un abastecimiento continuo de corriente eléctrica.

Desde el siglo pasado a nivel mundial se realizan trabajos en líneas vivas utilizando diferentes métodos. Actualmente algunos países poseen una larga experiencia con las técnicas para trabajos en líneas vivas, en otros países se utilizan métodos de trabajos en líneas vivas, que debido a las condiciones ambientales, topográficas y complejidad de los sistemas de distribución de media tensión, exigen la combinación de las técnicas para los trabajos en línea viva, logrando de esta manera realizar un trabajo que cumple con las necesidades que se requieren en estos sectores.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Estudiar las técnicas existentes para la realización de trabajos en líneas vivas, tomando como referencia los criterios adquiridos a lo largo de la carrera.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Estudiar las diferentes aplicaciones que tienen las técnicas que existen, para la realización de trabajos en líneas vivas.
2. Conocer las ventajas que presentan los trabajos en líneas vivas, contra los trabajos que se efectúan con líneas sin tensión.
3. Aplicar adecuadamente las normas y procedimientos que existen para todas técnicas de trabajos en líneas vivas, reduciendo así la presencia de errores durante estos trabajos.
4. Aprender las recomendaciones para analizar el perfil técnico, físico y psicológico del personal de campo, que realiza trabajos en líneas vivas.
5. Implementar los trabajos en líneas vivas como una solución, para mejorar el servicio que se le brinda, a los clientes de cada empresa que suministra el servicio eléctrico en Guatemala.
6. Conocer bajo que circunstancias los trabajos en líneas vivas, se pueden desarrollar de una manera segura, sin arriesgar al personal de campo.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad presentar en forma detallada las diferentes técnicas, que en la actualidad existen para la realización de trabajos en líneas eléctricas de distribución en vivo, se estudia también los campos de aplicación de estas técnicas, tales como mantenimiento, conversiones y mejoras en líneas de distribución. El costo de realizar estos trabajos en líneas eléctricas de distribución sin tensión es elevado para las industrias, comercios y clientes en general, por lo que en la actualidad se hace indispensable que la mayoría de estos trabajos sean realizados en línea viva.

En el desarrollo del trabajo se explicarán, los requerimientos que cada técnica utiliza para su adecuada aplicación, evitando con esto la aparición de accidentes, que puedan causar daños al personal de campo y al sistema eléctrico de distribución. Logrando con esto hacer de las técnicas de trabajos para líneas vivas, un método seguro y eficaz. Se abarca el campo que tienen las técnicas para trabajos en líneas vivas, en las líneas eléctricas de media tensión de distribución, específicamente para los niveles de voltaje de 13.8kv y 34.5kv, cabe mencionar que se eligió estos niveles de voltaje, debido a que son los niveles que se manejan en las redes de media tensión en nuestro país Guatemala. Las técnicas descritas en este documento entonces, son aplicables a cualquier nivel de voltaje, que pueda tener un sistema de distribución de media tensión.

Se debe tener en cuenta que existe un gran número de normas para herramientas, equipamientos y aparatos que se utilizan en las diversas técnicas para trabajos en líneas vivas. Durante la elaboración de este documento se han tenido en cuenta cada una de ellas, cabe mencionar que todo este conjunto de normas indiferentemente de la organización de la que provengan, tienen como fin lograr que las técnicas para los trabajos en líneas vivas, sean un grupo de técnicas que aplicadas en el ramo de la electricidad, sean seguras para el personal que realiza este tipo de trabajos y también para el sistema eléctrico al cual fuera aplicado.

Es importante tener en cuenta, que existen más campos donde las técnicas de trabajos en líneas vivas son utilizadas, cada una de las técnicas descritas en este documento no sólo se limitan a las empresas, que manejan los sistemas de distribución de media tensión; además de este campo también está el campo de generación y transmisión de corriente eléctrica. También en estos campos de aplicación para las técnicas de trabajos en líneas vivas se utilizan y se tiene en cuenta. Para poder producir un abastecimiento de energía eléctrica a todas las ramas de la industria y del comercio que se ven necesitadas de exigir un abastecimiento de corriente eléctrica durante las 24 horas. Esto trae como consecuencia que se trabaje con más frecuencia en líneas vivas para lograr la continua explotación de las instalaciones y de los procesos de trabajo.

Para garantizar la seguridad del personal que realiza trabajos en líneas vivas, hay establecidas un conjunto de reglas de seguridad y control. Estas reglas de seguridad y control se refieren entre otras cosas a la selección y a la capacitación del personal involucrado en los trabajos con líneas vivas. Por lo anterior a todas las empresas que realizan trabajos en líneas vivas se les recomienda acogerse a las normas y procedimientos existentes para estos trabajos.

Este documento ofrece una orientación para la aplicación de las técnicas de trabajos en línea vivas, aplicadas al campo de líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv, debido a la variación que existe en cada uno de los sistemas de distribución de energía eléctrica, los procedimientos indicados en este documento para la realización de una tarea específica, esta sujeto a variaciones que inevitablemente pueden aparecer, cuando se realiza la misma tarea en otro sistema de distribución eléctrica. Este cambio de procedimientos se puede presentar debido a factores como, topografía y complejidad, que presenten los circuitos eléctricos de distribución de media tensión, en el área donde se desea realizar el trabajo.

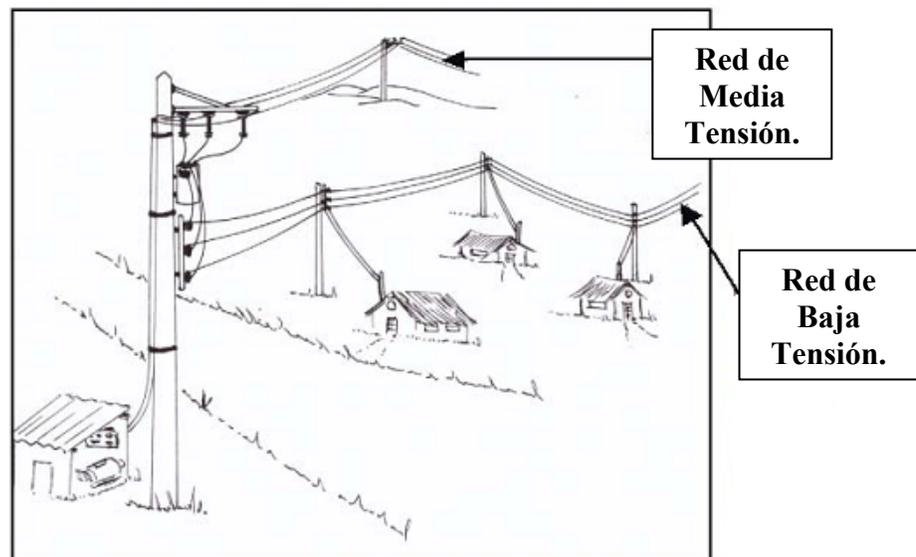
# 1. LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV.

## 1.1 Qué es una red de distribución de media tensión

Una red de distribución esta constituida por conductores, postes, ferretería y accesorios con el propósito de distribuir la energía en toda la población. Una red de distribución de acuerdo al nivel de voltaje que maneja puede ser:

- Baja tensión (BT) cuando se maneja voltajes hasta los 1,000 Voltios.
- Media tensión (MT) cuando se maneja desde los 1,000 hasta menos de 69,000 voltios.

Figura 1. Red de distribución de media tensión.



Red de distribución de media tensión. CFE. Página 85.

Cuando las redes se construyen en media tensión pueden venir acompañadas de las redes de baja tensión figura 1.

Para identificar una red de distribución es necesario conocer las siguientes características:

- Número de fases.
- Nivel de tensión.
- Frecuencia.
- Número de conductores.
- Forma de aterramiento.

Por ejemplo: una determinada red puede identificarse de la siguiente forma:

- Red primaria trifásica de 13.8 kV, 60 Hz, 3 hilos.
- Red primaria bifásica de 13.8 kV, 60 Hz, 2 hilos.
- Red secundaria monofásica de 13.8kV, 60 Hz, 1 hilo neutro físico.

El diseño de una línea de distribución comprende el cumplimiento de ciertas normas de seguridad para su construcción y mantenimiento, así como la selección del tipo de conductor, sistemas de soporte para el conductor seleccionado, trayectoria de la línea y el equipo necesario, que darán la calidad del servicio por el costo promedio global mas bajo durante toda la vida en servicio.

### **1.1.1 Normas presentes en las líneas de media tensión de distribución de 13.8kv y 34.5kv**

En las redes de media tensión se presentan varias normas o clases de normativas, que rigen cada una de las partes que conforman la red de media tensión.

Podemos mencionar por ejemplo las normas que rigen el equipo que se utiliza en las redes de media tensión, también las que rigen la calidad de aislamiento que se utiliza, en una red de media tensión de distribución.

En este trabajo se recurre a varias clases de normativas, que vienen a contribuir para que el trabajo en líneas vivas, se lleve de una manera adecuada y segura para el personal que labora, también para los clientes que utilizan el servicio que prestan las diferentes empresas que brindan el servicio eléctrico, A continuación se presentan las diferentes normas que se utilizan en la elaboración del presente trabajo.

- Normas internacionales IEC.
- Normas Americanas ANSI.
- Normas británicas BS.
- Normas internacionales ASTM (American Society for Testing Materiales).
- Normas internacionales UNE.
- Regulaciones OSHA “Occupational Safety and Health Administration”, de obligatorio cumplimiento en los Estados Unidos. Protección al trabajador en materia de seguridad y salud.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

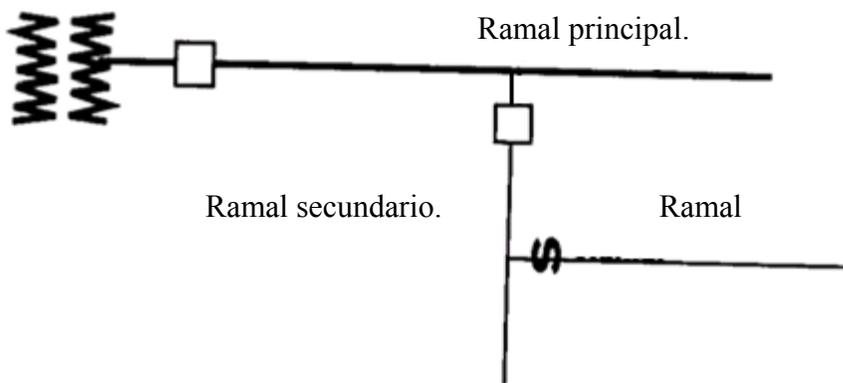
### **1.1.2 Definición de líneas de distribución**

Son líneas de mediana tensión con voltajes mayores de 1 kV y menores de 65kV. Son líneas que, después de las de baja tensión, son las más abundantes y que en el caso de países pobres, son mayoritariamente aéreas. Por esa razón, se da énfasis a la protección de sistemas aéreos de media tensión. Para la operación, mantenimiento y protección, dependiendo de su ubicación en el sistema, las líneas pueden tomar los siguientes nombres figura 2.

Los ramales de distribución se clasifican así:

- a) **Ramal Principal:** Son las líneas que salen desde la subestación y están protegidas exclusivamente por el disyuntor o restaurador automático de la misma.

Figura 2. Ramales en un circuito de distribución.



Morales, Juan. Elementos de protección de sistemas de potencia. Pagina 61.

- b) **Ramal secundario:** Son líneas que se desprenden del ramal principal y están protegidas por un elemento adicional que puede ser: Un corta circuito con su fusible, un restaurador de línea o un seccionalizador.

## 1.2 Distancia de seguridad en la construcción de una línea de distribución

Estas normas son tomadas del Artículo 18 de la NTDOID y tienen por objeto establecer las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos que deben cumplir el diseño y la construcción de las líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica y sus equipos asociados, con la finalidad de obtener la máxima seguridad y protección a personas y bienes.

### **1.2.1 Distancia de seguridad vertical sobre el nivel del suelo**

Los requisitos de esta sección se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores, respecto al suelo, agua y parte superior de rieles de vías férreas. Las distancias verticales deben ser como mínimo las indicadas en la tabla I en anexos y se aplican bajo las siguientes condiciones:

- La condición que ocasione la mayor flecha final; temperatura en los conductores de 50°C, sin desplazamiento de viento.
- Flecha final sin carga en reposo.

### **1.2.2 Distancia de seguridad entre conductores soportados por diferentes estructuras**

Siempre que sea práctico, los cruces de conductores deben hacerse en una misma estructura.

De tal manera que las distancias en cualquier dirección entre conductores que se crucen o sean adyacentes soportados en diferentes estructuras, no deberán ser menores que las indicadas en la tabla presentada en el apéndice A.

#### **1.2.2.1 Distancia horizontal entre conductores**

La distancia horizontal en cruzamientos o entre conductores adyacentes soportados por diferentes estructuras, deberá ser cuando menos de 1.50 m.

### **1.2.2.2 Distancia vertical entre conductores**

La distancia vertical entre conductores que se crucen o sean adyacentes soportados por diferentes estructuras, deberá ser cuando menos las indicadas en la tabla en el anexo A, aplicada bajo las siguientes condiciones:

- Flecha final, con una de las siguientes condiciones de carga; aquella que produzca la mayor flecha a 50°C sin desplazamiento de viento o a la temperatura máxima del conductor, para la cual fue diseñada la operación de la línea sin desplazamiento de viento, cuando esta temperatura es mayor de 50°C.
- La dirección supuesta de viento será aquella que produzca la distancia más crítica.

### **1.2.3 Distancia de seguridad entre conductores soportados por la misma estructura**

Los requisitos de esta sección se refieren a la distancia mínima entre los conductores de líneas aéreas, eléctricas, así como las que éstos deben guardar a sus soportes, retenidas, cables de guarda, etc., cuando están instalados en una misma estructura. Todas las tensiones son entre los conductores involucrados.

#### **1.2.3.1 Distancia horizontal entre conductores**

La distancia horizontal entre soportes de conductores y cables, ya sean del mismo o de diferente circuito, no deben ser menores que las indicadas en las tablas y los apéndices.

### **1.2.3.2 Distancia vertical entre conductores**

La distancia vertical entre conductores de línea localizados en diferentes niveles de una misma estructura, deben ser cuando menos la indicada en la tabla en el apéndice A, la cuál aplica bajo las siguientes condiciones:

- Conductores con tensiones hasta 50 Kv.
- Para tensiones entre 50 y 814 kV, la distancia entre conductores de diferentes circuitos debe ser incrementada 0.01 m por cada kV en exceso de 50 kV. Los incrementos serán acumulados, a partir de la distancia mínima para 50 kV.
- Todas las distancias, para tensiones superiores a 50 kV, deben determinarse con base en la tensión máxima de operación.

Los niveles de voltaje en líneas de distribución tanto en la capital de Guatemala, como en los diferentes departamentos y en áreas rurales son: de 13.8 kV y 34.5kV. En circuitos de distribución de media tensión monofásico, bifásicos y trifásicos.

## **1.3 Componentes de una red de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv**

Los principales componentes de una red de distribución son:

### **1.3.1 Cables conductores**

En redes primarias de media tensión se utiliza el cable desnudo de aluminio con alma de acero denominado ACSR, este tipo de conductor, desde el número 8 hasta el 4/0 esta conformado por 6 hilos de aluminio y 1 hilo de acero. Las características se muestran en la tabla I que se presenta a continuación.

Tabla I. Características de los principales conductores para líneas de media tensión.

<b>CONDUCTOR.</b>	<b>HALCON.</b>	<b>CÓNDOR.</b>	<b>GAVIOTA.</b>	<b>CARDENAL.</b>
<b>Composición:</b>				
<b>Aluminio: mm<sup>2</sup>.</b>	26x3.442	54x3.084	54x2.822	54x3 376
<b>Acero: mm<sup>2</sup>.</b>	7x2 677	7x3.084	7x2.822	7x3.376
<b>Secciones:</b>				
<b>Aluminio: mm<sup>2</sup>.</b>	241.68	402.84	337.74	483.42
<b>Acero: mm<sup>2</sup>.</b>	39.42	52.26	43.81	62.64
<b>Total: mm<sup>2</sup>.</b>	281.10 <sup>2</sup>	455.10	381.55	546.06
<b>Sección equivalente de cu. mm<sup>2</sup>.</b>	152.01	253.36	212.31	304.03
<b>Diámetro del alma de acero mm.</b>	8.031	9.246	8.466	10.135
<b>Diámetro de cable: mm.</b>	21.793	27.762	25.4	30.378
<b>Pesos: Aluminio: KgXm.</b>	666.6	1.115	934.6	1.338
<b>Acero: Kg/Km.</b>	308	407	342.2	488
<b>Total: Kg1Km.</b>	974.6	1.522	1.276.8	1.826
<b>Carga de rotura: Kg.</b>	8.817.8	12.950	11.135.7	15,536
<b>Módulo de elasticidad: Kgmm<sup>2</sup>.</b>	7.730	6.860	6.860	6.860
<b>Coefficiente de dilatación por grado de temperatura.</b>	18.99x10	19.35x10 <sup>h</sup>	19.35x10 <sup>h</sup>	19.35x10 <sup>h</sup>
<b>Resistencia eléctrica a 20°C: Q/Km</b>	0.119	0.0721	0.0851	0.0597
<b>Densidad máxima admisible: Amm</b>	2,043	1,757	1.869	1,628
<b>Intensidad correspondiente: A</b>	574.28	799.61	713.116	888.98

Fuente. Ramón Mujal. Líneas eléctricas, página 128.

En baja tensión se utiliza el conductor auto sustentado dúplex, triplex o cuádruplex, de acuerdo a las necesidades. Este tipo de conductor esta compuesto por 2, 3 o 4 cables de aluminio, uno de los cuales es un ACSR. En la tabla II se muestran las características del cable dúplex.

Tabla II. Características del cable dúplex.

<b>NUMERO AWG.</b>	<b>FORMACIÓN CONDUCTOR + NEUTRO (mm).</b>	<b>ESPESOR DEL AISLANTE.</b>	<b>DIÁMETRO EXTERNO (mm).</b>
1x8+N	1/3.26(ACSR)	1.2	10.00
1X6+1	1/4.11(ACSR)	1.2	12.00
1X4+N	7/1.96(ACSR)	1.2	15.5
1X2+N	7/2.47(ACSR)	1.2	18.5
1x1+N	19/C+(ACSR)	1.6	20.5
1x1/O+N	19/C+(ACSR)	1.6	22.5
1X2/O+N	19/C+(ACSR)	1.6	25.00
1X3/O+N	19/C+(ACSR)	1.6	27.5
1X4/O+N.	19/C+(ACSR)	1.6	30.5

Fuente. Ramón Mujal. Líneas eléctricas, página 81

### 1.3.2 Postes

Son los elementos de soporte sobre los que se van a montar los demás elementos, en redes de distribución se utilizan los postes de madera tratada (eucalipto que es la más común), aunque se puede usar otras especies como los postes de palma negra o los de cuchi. También se pueden utilizar postes de concreto, en la actualidad los postes de concreto se están utilizando más en las redes de media tensión. Las alturas recomendadas son desde los 9 hasta los 12 metros que se utilizarán de acuerdo a las necesidades. Las profundidades de enterramiento, que según norma REA debe ser 1/6 de la altura del poste, se muestran en la tabla III.

Existen en uso varios tipos de estructuras, para soportar los conductores de las líneas de transmisión, como por ejemplo: torres de acero autoportadas, postes de concreto autoportados, postes de concreto soportados por retenidas, postes metálicos autoportados, postes de madera.

Tabla III. Profundidad para excavación de postes.

<b>PROFUNDIDAD DE LA EXCAVACIÓN.</b>		
<b>LARGO DEL POSTE EN METROS.</b>	<b>PROFUNDIDAD EN METROS.</b>	
	<b>TIERRA</b>	<b>ROCA</b>
9	1.6	1.6
10	1.66	1.22
11	1.83	1.22
12	2.00	1.22

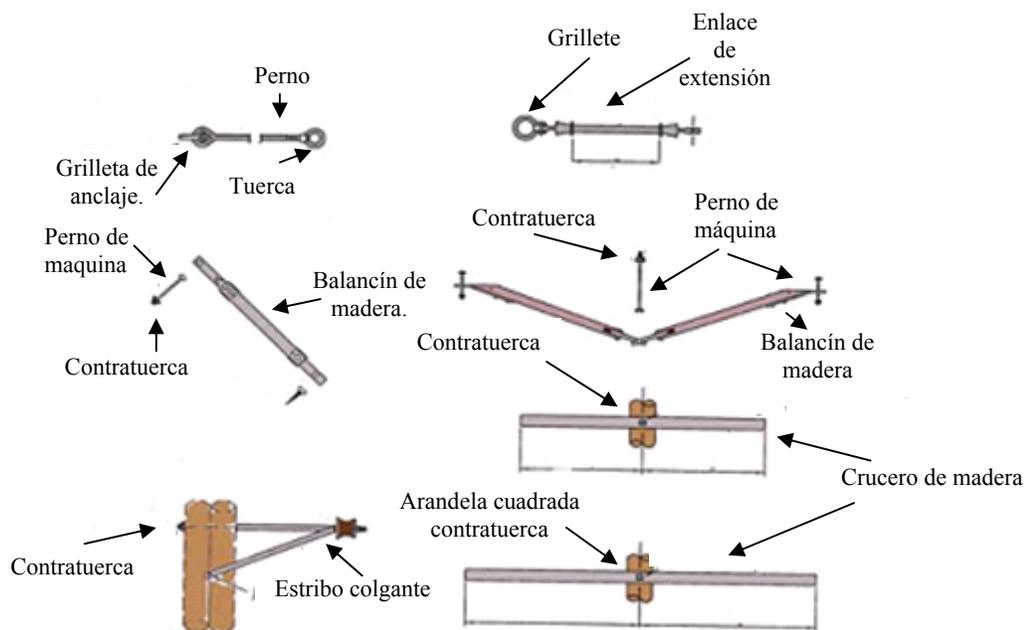
Fuente: Estructuras de media tensión, Unión Fenosa Guatemala. Página 35.

El tipo de estructura de soporte que se vaya a usar depende de factores como la ubicación de la línea, la importancia de la misma, la vida deseada para la línea, el dinero disponible para inversión inicial, el costo de mantenimiento y la disponibilidad del material.

### 1.3.3 Herrajes

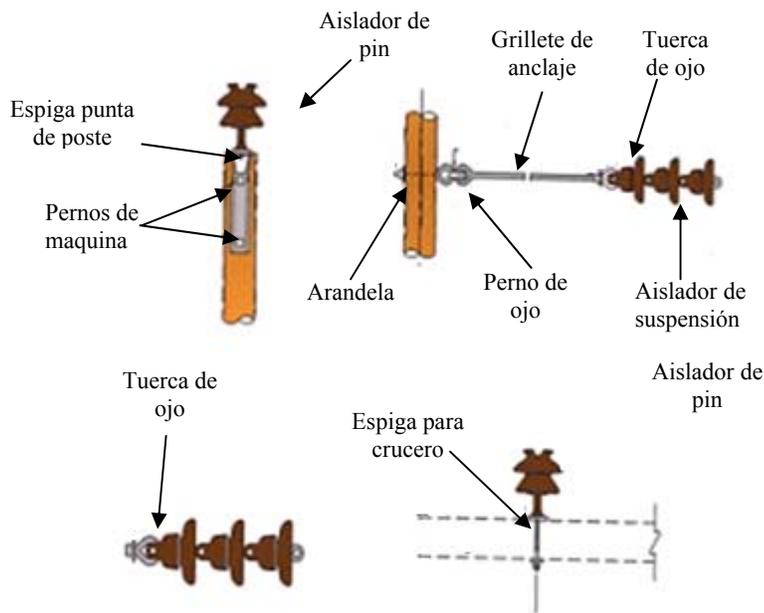
Se han desarrollado herrajes que se utilizan en líneas aéreas con voltajes iguales o superiores a 10 kV, para fijar, empalmar, proteger, separar, etc., conductores de aleación de aluminio y/o cables de guarda de acero galvanizado. Los herrajes se instalarán tanto en ambientes normales, secos, húmedos, con neblina, influencia salina y/o en zonas con contaminación ligera, media, fuerte y muy fuerte figura 3.

Figura 3. Herrajes para líneas de media tensión.



Dispositivo metálico que tiene como fin la fijación, empalme, protección eléctrica o mecánica, reparación, separación, amortiguamiento de vibraciones, etc. de los conductores o cables de guarda y los cables de templetes. El término utilizado como herraje es el mismo que se aplica para ferretería.

Figura 4. Aisladores y herrajes para líneas de media tensión.



Red de distribución de media tensión, CFE. Página 25.

El término herraje comprenderá:

- Elementos de la cadena.
- Elementos de protección eléctrica
- Grapas y empalmes
- Contrapesos mecánicos
- Elementos para conductores y cables de guarda.
- Elementos y accesorios para templetes (retenidas).
- Elementos para amortiguación (Amortiguadores).

- Elementos para protección mecánica (Preformadas).
- Elementos para cable de guarda.

También se existen los pernos, tuercas, arandelas y otros elementos de hierro galvanizado que se utilizan para sujetar otros elementos sobre el poste de madera figura 4.

Los materiales usados deberán satisfacer los requisitos normales de servicio y no deberán presentar corrosión, ni provocarla en cualquiera de las partes restantes del conductor o del cable de guarda.

El material para herrajes de compresión, deberá ser capaz de superar el trabajo en frío del material debido a la compresión. Además los componentes en compresión de acero deben tener una resistencia al impacto suficiente después de la compresión.

Para garantizar el acoplamiento entre los elementos, es fundamental que los accesorios ofertados sean por conjuntos completos, garantizando el perfecto acople entre sus diferentes componentes.

Los herrajes deberán diseñarse y fabricarse de acuerdo a la Norma IEC 61284, considerando los siguientes aspectos principales:

- Se evite dañar el conductor en condiciones de servicio.
- Soporten las cargas de montaje, mantenimiento y servicio, la corriente de servicio y la de cortocircuito, las temperaturas de servicio y las condiciones del medio ambiente.
- Se asegure que cada componente individual este fijo de forma que no pueda aflojarse durante el servicio.

El efecto corona sea permisible. Sin embargo, para niveles de tensión de 220 kV y superiores, los materiales deben ser anti corona. Las densidades de corriente admisible para accesorios de suspensión, retención y conectores, serán indicadas por el fabricante, en las tablas de características técnicas garantizadas, cuando se solicite.

Para facilitar el mantenimiento, las fijaciones no deben realizarse con pernos, tuercas, golillas (arandelas), exigiéndose el uso de pasadores con chavetas de seguridad de acero galvanizado. Las grapas de retención pueden ser del tipo empernadas o de compresión.

### **1.3.3.1 Terminación superficial**

Debe asegurarse que la terminación superficial de los herrajes presente superficie continua, sin fisuras, ni desprendimiento de capas ni superposición de estratos ni sopladuras, etc., debiéndose evitar la presencia de juntas y cantos vivos para evitar los fenómenos de efluvios. Las partes en contacto con el conductor o cable de guarda estarán cuidadosamente terminadas para que en su superficie no aparezcan rebabas o irregularidades.

- Las cabezas de pernos, tuercas y otros elementos deben ser redondeadas.
- Los herrajes de la cadena, deben ser galvanizados en caliente.
- El torque de apriete de los pernos se debe indicar obligatoriamente.
- No se permite el uso de soldadura en los herrajes.

### **1.3.3.2 Protección contra la corrosión**

Todas las partes de los herrajes relativas a aisladores, cables conductores y cables de guarda, deberán ser resistentes a la corrosión atmosférica, o ser adecuadamente protegidos contra la corrosión, la cual puede producirse durante el transporte, el almacenaje y durante el servicio.

Todas las partes férricas que estarán expuestas a la atmósfera en servicio, excepto aquellas fabricadas en acero inoxidable apropiado, deben estar protegidas mediante galvanización en caliente.

### **1.3.3.3 Sujeción entre las piezas**

La sujeción entre las piezas se hará mediante bulones (pernos), espárragos, tuercas y arandelas de acero inoxidable o de acero zincado. Las cabezas de los bulones y tuercas deberán ser hexagonales, quedando descartado el uso de tornillos prisioneros.

- Los bulones de ajuste estarán provistos de arandelas planas y grower o cualquier otro método de bloqueo que impida su desajuste por vibraciones.
- Los pernos y bulones que no sean de ajuste se proveerán de pasadores de aletas (chavetas) de acero inoxidable.
- Cuando no se indique lo contrario, las roscas serán métricas Sistema ISO.
- Los accesorios de los conductores de línea y de hilos de guarda no deberán emplear partes roscadas sometidas a esfuerzos de tracción.

### **1.3.3.4 Materiales utilizados en los herrajes**

Los herrajes deben ser fabricados con los materiales adecuados para cumplir con los objetivos eléctricos y mecánicos. Las pastas antioxidantes empleadas en los empalmes y en las grapas de retención a compresión o preformadas, deben ser:

- Ser insolubles en agua.
- Ser químicamente neutras con relación a los materiales que estén en contacto con la atmósfera.

- Mantener las características anticorrosivas, eléctricas y mecánicas de conexión, en el intervalo de temperatura previstas para operación de la línea.
- No ser tóxicas.

#### **1.4 Aisladores en las líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv**

Los aisladores cumplen la función de sujetar mecánicamente el conductor manteniéndolo aislado de tierra y de otros conductores. Son construidos de porcelana y pueden ser: aisladores de apoyo, también denominados de espiga, aisladores de tensión también denominados de suspensión, y para baja tensión se utilizan los aisladores tipo carrete.

1. Deben soportar la carga mecánica que el conductor transmite a la torre a través de ellos.
2. Deben aislar eléctricamente el conductor de la torre, soportando la tensión en condiciones normales y anormales, y sobretensiones hasta las máximas previstas (que los estudios de coordinación del aislamiento definen con cierta probabilidad de ocurrencia).
3. La tensión debe ser soportada tanto por el material aislante propiamente dicho, como por su superficie y el aire que rodea al aislador.
4. La falla eléctrica del aire se llama contorneo, y el aislador se proyecta para que esta falla sea más probable que la perforación del aislante sólido.

Para el diseño del aislamiento de las líneas eléctricas aéreas se han seleccionado aisladores que garanticen que no existan saltos de arcos eléctricos en condiciones de operación, sobretensiones transitorias, humedad, temperatura, lluvia o acumulaciones de suciedad, sal y otros contaminantes que no son desprendidos de una manera natural.

La gama de aisladores deben de cumplir con las principales normas internacionales y nacionales, de cada país.

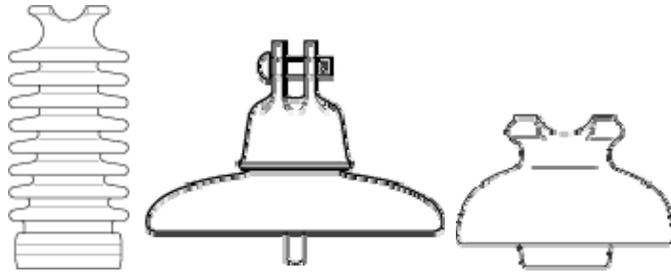
En consecuencia, se definen los siguientes niveles de aislamiento:

1. **Normal:** Será de aplicación en la mayor parte de las situaciones, siempre y cuando las características de la línea no demanden un grado de aislamiento mayor (aisladores de porcelana).
2. **Reforzado:** Será de aplicación cuando se den condiciones especiales en la línea que hagan recomendable su utilización. (Aisladores porcelana reforzado y composite).

De acuerdo con estos niveles de aislamiento y considerando como valor preferente de diseño la mínima servidumbre posible (en especial en líneas urbanas) los aisladores serán, atendiendo a la configuración y se presentan de los siguientes tipos figura 5.

- Aislador de tipo line poste (poste, pilar), para alineaciones y pequeños ángulos.
- Aislador de tipo suspensión (anclaje, retención), para ángulos fuertes, amarres y finales de línea.
- Aislador de tipo pin (perno rígido), para estructuras de paso y puentes.

Figura 5. Aisladores tipo, a) poste, b) suspensión, c) pin.



Aislamiento para líneas de media tensión. Código ANSI 57-1.

Surge la importancia del diseño, de la geometría para que en particular no se presenten en el cuerpo del aislador campos intensos que inicien una crisis del sólido aislante.

#### **1.4.1 Materiales de los aisladores**

Históricamente se han utilizado distintos materiales, porcelana, vidrio, y actualmente materiales compuestos más comúnmente llamados aisladores tipo polímeros, y la evolución ha ocurrido en la búsqueda de mejores características y reducción de costos.

##### **1.4.1.1 Aisladores de porcelana**

Es una pasta de arcilla, caolín, cuarzo o alúmina se le da forma, y por horneado se obtiene una cerámica de uso eléctrico. Figura 6.

El material es particularmente resistente a compresión por lo que se han desarrollado especialmente diseños que tienden a solicitarlo de esa manera.

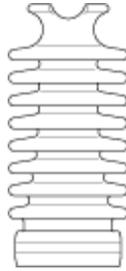
Se resume la manera de clasificación de los aisladores de porcelana o vidrio en la tabla IV.

Tabla IV. Aisladores de porcelana o vidrio normalizados.

<b>TIPO AISLADOR</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>NORMA</b>	<b>CLASE</b>	<b>TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN (kV)</b>
Retención (Anclaje)	Porcelana o Vidrio	ANSI C29.2	Clase 52-1	-
		ANSI C29.2	Clase 52-4	-
Line Post (Pilar)	Porcelana	ANSI C29.7	Clase 57-1	15
		ANSI C29.7	Clase 57-2	25
		ANSI C29.7	Clase 57-3	35
Pin (Perno Rígido)	Porcelana	ANSI C29.5	Clase 55-3	15
		ANSI C29.5	Clase 55-4	15
		ANSI C29.5	P2-95-1(25) <sup>6</sup>	15
		ANSI C29.5	Clase 55-5	25
		ANSI C29.5	P4-125-1(25) <sup>7</sup>	25
		ANSI C29.6	Clase 56-1	35
		ANSI C29.6	Clase 56-3	35

Fuente: Enersis, Especificación técnica en norma ANSI de a aisladores de porcelana o vidrio.

Figura 6. Aisladores de porcelana tipo line post. Norma ANSI clase 57-1.

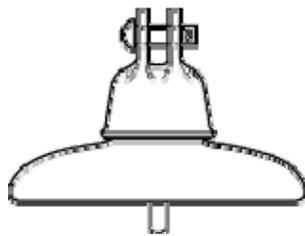


Aislamiento para líneas de media tensión, Norma ANSI. Pagina 18.

#### **1.4.1.2 Aisladores de vidrio**

Son de cristal templado que cumple la misma función de la porcelana, se trabaja por moldeo colándolo, debiendo ser en general de menos costo. Se puede afirmar que en general la calidad de la porcelana puede ser más controlada que la del vidrio, esta situación es evidenciada por una menor dispersión de los resultados de los ensayos de rotura figura 7.

Figura 7. Aislador de vidrio tipo retención. Norma ANSI, clase 52-1.

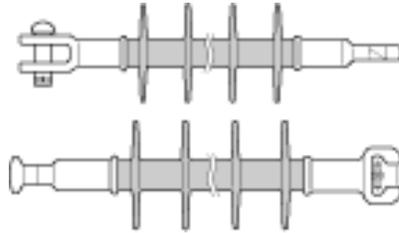


Aislamiento para líneas de media tensión, Norma ANSI. Página 12

#### **1.4.1.3 Aisladores tipo polímero**

Fibras de vidrio y resina en el núcleo, y distintas "gomas" en la parte externa, con formas adecuadas, han introducido en los años mas recientes la tecnología del aislador compuesto. Figura 8, estas modernas soluciones con ciertas formas y usos ponen en evidencia sus ventajas sobre porcelana y vidrio, las manera de clasificación de estos aisladores se presentan en la tabla V.

Figura 8. Aisladores de polímero tipo retención. Norma ANSI Clase DS-15.



Aislamiento para líneas de media tensión. Norma ANSI. Página 15.

Tabla V. Aisladores tipo polímero bajo normas IEC y ANSI.

<b>TIPO AISLADOR</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>NORMA</b>	<b>CLASE</b>	<b>TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN (kV)</b>
Retención (Anclaje)	Poliméricos	ANSI C29.13	Clase DS-15	15
		ANSI C29.13	Clase DS-28	25
		ANSI C29.13	Clase DS-35	35
		ANSI C29.13	Clase DS-46	35
Line Post (Pilar)	Poliméricos	IEC 61952	12,5-15-355	15
		IEC 61952	12,5-25-560	25
		IEC 61952	12,5-35-740	35
Pin (Perno Rígido)	Poliméricos	IEC 61109	13-15-300	15
		IEC 61109	13-25-350	25
		IEC 61109	13-25-550	25
		IEC 61109	13-36-530	35
		IEC 61109	13-36-700	35

Fuente: Enersis. Especificación técnica Aisladores tipo polímero. Página 62.

## **1.4.2 Forma física de los aisladores para líneas de distribución de 13.8kv y 34.5kv**

La forma de los aisladores está en parte bastante ligada al material, y se puede hacer la siguiente clasificación:

### **1.4.2.1 Aisladores de campana**

Estos aisladores también son llamados de disco generalmente varios forman una cadena, se hacen de vidrio o porcelana con insertos metálicos que los articulan con un grado de libertad (horquilla) o dos (caperuza y badajo, cap y pin). Las normas fijan con detalle geometría, tamaños, resistencia electromecánica, ensayos.

### **1.4.2.2 Aisladores de barra**

En es especial se fabrican de porcelana, permiten realizar cadenas de menor cantidad de elementos (mas cortas), la porcelana trabaja a tracción y existen pocos fabricantes que ofrecen esta solución, especialmente si se requieren elevadas prestaciones, ya que no es una solución natural para este material, en cambio es la solución natural de los aisladores de suspensión compuestos.

Mientras que para la porcelana se limita la longitud de la barra y en consecuencia para tensiones elevadas se forma una cadena de algunos elementos, para el aislador compuesto siempre se realiza un único elemento capaz de soportar la tensión total.

### **1.4.2.3 Aisladores rígidos**

En tensiones bajas y medias tienen forma de campana, montados sobre un perno (pin type) y se realizan de porcelana o vidrio. A medida que la tensión crece, tamaño y esfuerzos también, y se transforman en aisladores de columna aptos para soportar esfuerzos de compresión y de flexión (post type) y pueden asumir la función de cruceta en líneas de diseño compacto.

En estos casos pueden ser de porcelana y modernamente de materiales compuestos, cuando el esfuerzo vertical a que se somete la viga aislante es muy elevado se agrega un tensor del mismo material inclinado 45 grados generalmente dando origen a una forma de V horizontal.

Los aisladores se completan, como ya indicado, con insertos metálicos de formas estudiadas para la función, y que tienden a conferir movilidad en las cadenas o adecuada rigidez en las columnas.

Para evitar solicitaciones anormales e indebidas de los elementos aislantes, los casos mas comprometidos se resuelven con fusibles mecánicos instalados del lado del conductor o del lado base y que al romperse permiten el giro del aislador, cargándose entonces en forma mas favorable. Al especificar los aisladores se resaltan dos tipos de características, que deben combinar por su función, las mecánicas, y las eléctricas.

### **1.4.3 Características mecánicas**

- Los aisladores de cadena deben soportar solo cierta tracción 7000, 16000 o más kg.
- Los aisladores rígidos deben soportar cierta compresión, y/o cierta flexión.

- Los ensayos de características mecánicas se hacen con sollicitación eléctrica simultánea.

Al estar sometidos a las inclemencias del tiempo una característica muy importante es la resistencia al choque térmico que simula el pasar del pleno sol a la lluvia. También por los sitios donde se instalan, los aisladores son sometidos a actos vandálicos tales como, tiros con armas de fuego, proyectiles pétreos o metálicos arrojados hacia el aislamiento, es entonces importante cierta resistencia al impacto.

Frente a estas sollicitaciones el comportamiento de los tres tipos de materiales es totalmente distinto, el vidrio puede estallar, siendo una característica muy importante que la cadena no se corte por este motivo.

La porcelana se rompe perdiendo algún trozo pero generalmente mantiene la integridad de su cuerpo, mecánicamente no pierde características, solo son afectadas sus características eléctricas.

Con los aisladores compuestos o polímeros por su menor tamaño es menos probable que la agresión acierte el blanco, los materiales flexibles no se rompen por los impactos y las características del aislador no son afectadas.

#### **1.4.4 Características eléctricas**

Los aisladores deben soportar tensión de frecuencia industrial e impulso de maniobra y atmosféricos, tanto en seco como bajo lluvia. Influyen en la tensión resistida la forma de los electrodos extremos del aislador. Una característica importante es la radio interferencia, ligada a la forma del aislador, a su terminación superficial, y a los electrodos (morseteria).

En las cadenas de aisladores, especialmente cuando el número de elementos es elevado la repartición de la tensión debe ser controlada con electrodos adecuados, o al menos cuidadosamente estudiada a fin de verificar que en el extremo crítico las sollicitaciones que se presentan sean correctamente soportadas.

La geometría del perfil de los aisladores tiene mucha importancia en su buen comportamiento en condiciones normales, bajo lluvia, y en condiciones de contaminación salina que se presentan en las aplicaciones reales cerca del mar o desiertos, o contaminación de polvos cerca de zonas industriales.

La contaminación puede ser lavada por la lluvia, pero en ciertos lugares no llueve suficiente para que se produzca este efecto beneficioso, o la contaminación es muy elevada, no hay duda de que la terminación superficial del aislante es muy importante para que la adherencia del contaminante sea menor, y reducir el efecto (aumentar la duración).

Una característica interesante de los materiales compuestos siliconados es un cierto rechazo a la adherencia de los contaminantes, y al agua.

La resistencia a la contaminación exige aumentar la línea de fuga superficial del aislador, esta se mide en mm/kv fase tierra, y se recomiendan valores que pasan de 20, 30 a 60, 70 mm/kv según la clasificación de la posible contaminación ambiente.

Se presenta como un ejemplo las principales características, para los aisladores polímeros o poliméricos descritas anteriormente, presentándolas a continuación en la tabla VI.

Tabla VI, Características aisladores de retención poliméricos.

<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>		
NORMA DE ENSAYOS	ANSI C29.13	ANSI C29.13
CLASE (ANSI C29.13)	DS-15	DS-35
TIPO	Retención	Retención
MATERIAL	Polimérico	Polimérico
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>		
TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN (kV)	15	36
TENSIÓN DE CONTORNEO FREC. IND. EN SECO (kV)	90	145
TENSIÓN DE CONTORNEO FREC. IND. BAJO LLUVIA (kV)	65	130
TENSIÓN CRÍTICA TIPO IMPULSO - POSITIVA (kV)	140	250
LOW FREQUENCY TEST VOLTAGE (RMS TO GROUND) (kV)	15	30
MAXIMUM RIV AT 1000 KHZ ( $\mu$ V)	10	10
<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>		
CARGA MECÁNICA NOMINAL (SML) (kN)	44.5	44.5
TORSIÓN (N-m)	47,5	47.5
<b>CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES<sup>2</sup></b>		
DISTANCIA DE FUGA (mm)	355	740
LARGO L (mm)	330±15	525±60

Fuente: Enersis. Características de aisladores tipo polímero de retención. Página 48.

Una característica interesante de los materiales compuestos siliconados es un cierto rechazo a la adherencia de los contaminantes, y al agua. La resistencia a la contaminación exige aumentar la línea de fuga superficial del aislador, esta se mide en mm/kv fase tierra, y se recomiendan valores que pasan de 20, 30 a 60, 70 mm/kv según la clasificación de la posible contaminación ambiente.

### **1.4.5 Transformadores de distribución**

Los centros de transformación tipo poste normalizados serán transformadores monofásicos auto protegidos, es decir, llevarán incorporadas las protecciones contra sobretensión, sobrecargas y cortocircuitos.

Las potencias posibles para las tensiones de 13.2, 24.9 y 34.5 kv en alta y 240-120 v en baja tensión serán: 10, 25, 50, 75 kva.

Son máquinas eléctricas cuya función es la de elevar o disminuir el voltaje en las redes de distribución. De acuerdo al número de fases con que trabaja pueden ser: trifásicos cuando trabajan con tres fases y monofásicos cuando trabajan con una fase.

De acuerdo al tipo de montaje pueden ser: para montaje en poste cuando las potencias son pequeñas generalmente hasta los 75 kva y para montaje sobre plataforma cuando sobrepasa esta potencia.

Los apoyos en los que se instalarán los transformadores serán de hormigón. Excepcionalmente, los transformadores se podrán instalar en apoyos de madera existentes en la red. Los apoyos serán de hormigón de 10.5 m y 300 dan, de 10.5, 12 y 14 m de 500 dan y de 12 y 14 m de 800 dan. El transformador se fijará al apoyo mediante los soportes Adecuados figura 9.

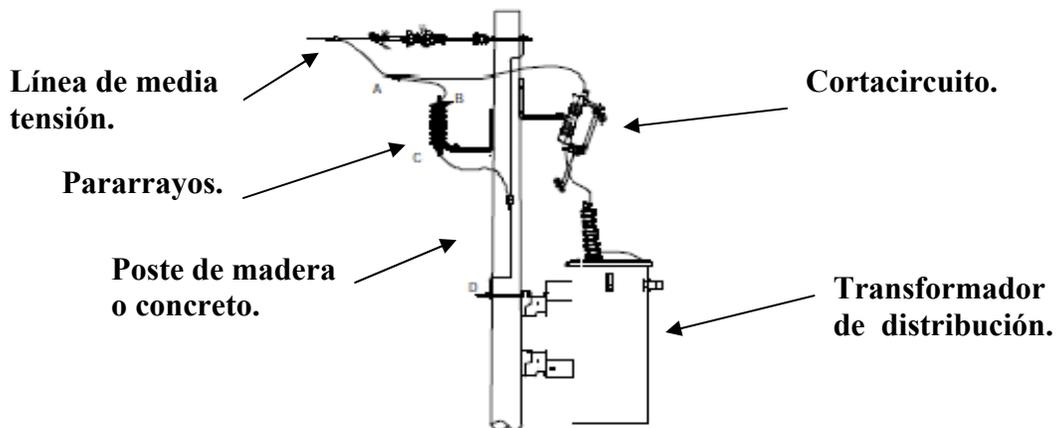
Las características eléctricas que generalmente se dan en un transformador de distribución se presentan en la tabla VII.

Tabla VII. Características eléctricas establecidas para transformadores de distribución.

<b>VALORES NOMINALES</b>	<b>13.8kv</b>	<b>34.5kv</b>
Tensión primaria asignada (kV)	7.62/ 13.2	19.9/34.5
Tensión secundaria asignada (V)	120/240	120/240
Potencias asignadas (kVA)	10, 25, 50 y 75	10, 25, 50 y 75
Tensión de cortocircuito	≤ 3 %	≤ 3 %
Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL) primaria (KV).	95	150
Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL) secundaria (KV).	30	30
Frecuencia (Hz)	60	60
Refrigeración	ONAN	ONAN
Elevación de temperatura	65 ° C	65 ° C
Tensión a baja frecuencia (kV)	34	50

Fuente: Overhead transformer manual. Página 24.

Figura 9. Soportes para transformadores para líneas de media tensión.



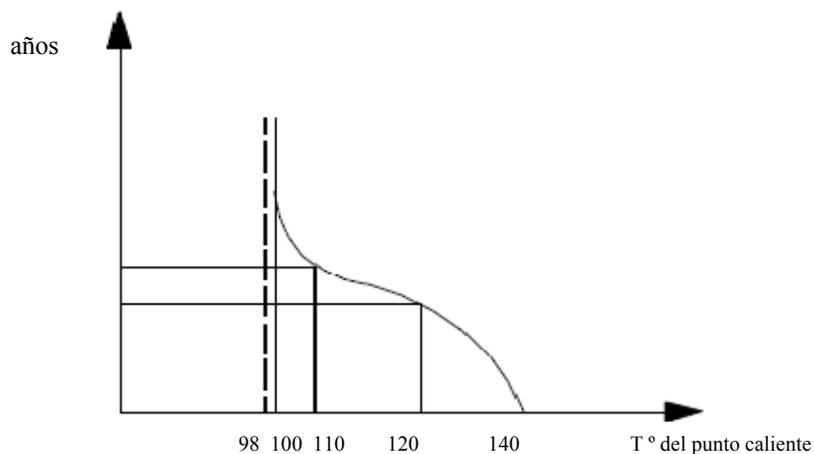
Transformadores de media tensión, Unión Fenosa Guatemala. Página 19.

La capacidad de carga máxima de un transformador está condicionada por dos tipos de limitaciones.

#### 1.4.5.1 Limitación térmica

Es aquella carga que produce una elevación de la temperatura del transformador por encima de un valor crítico, lo que trae como consecuencia el envejecimiento prematuro de los aislantes y la reducción de la vida útil del transformador. La gráfica adjunta figura 10 representa la relación entre la vida útil de un transformador y la temperatura del punto caliente.

Figura 10. Grafica relación vida útil contra temperatura.



Transformadores de distribución, Unión Fenosa. Página 25.

Los elementos de protección deben controlar fundamentalmente que la temperatura no supere el valor crítico, interrumpiendo el servicio cuando las sobrecargas produzcan dicha temperatura.

### 1.4.5.2 Limitación económica

Carga a partir de la cual el coste de las pérdidas por efecto Joule aconseja la sustitución del transformador por otra de mayor potencia.

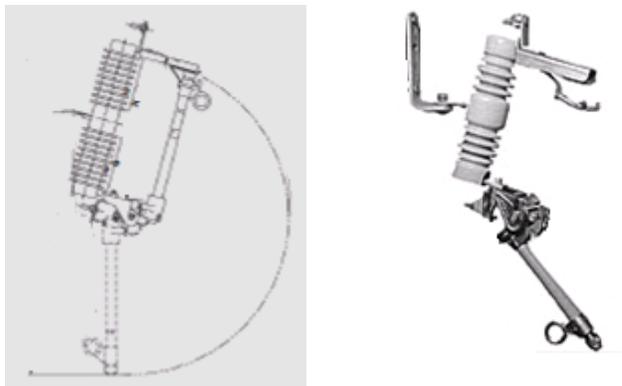
## 1.5 Elementos de protección en líneas de media tensión de distribución de 13.8kv y 34.5kv

En redes de distribución se utilizan dos tipos de protección que son: protección contra sobrecarga y protección contra sobre tensión.

### 1.5.1 La protección contra sobre carga

Protección de sobre corrientes para estos efectos se emplean los seccionadores tipo fusible o comúnmente conocidos como Cut Out, cuyo propósito inicial es proteger la línea, los equipos, el transformador y personal contra una falla del sistema que pueda generar una sobre corriente que culmine en el daño o accidente de cualquier operador siempre se debe de manipular con una pértiga figura 11.

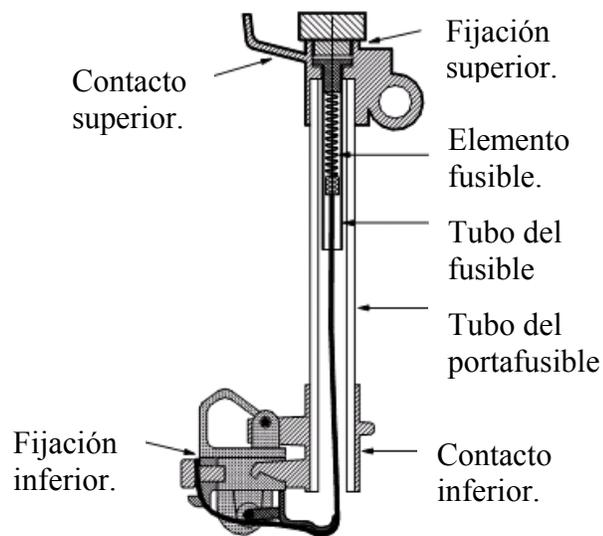
Figura 11. Cortacircuito para una línea de media tensión de distribución.



Cortacircuitos para línea 13.8kv, Hubbell. Página 8

Los distintos componentes normalizados que forman parte del cortocircuito fusible, aseguran la inter cambiabilidad entre componentes de distintos fabricantes. Esto permite el recambio únicamente de las piezas desgastadas, sin necesidad de reemplazar el todo el conjunto, generalmente la pieza que mas se manipula de un cortacircuito es la caña, la cual contiene es fusible en su interior figura 12.

Figura 12. Caña de cortacircuito para una línea de media tensión de distribución.



Cortacircuitos para línea 13.8kv, Hubbell. Página 11

Actualmente las empresas distribuidoras de electricidad, empresas privada, empresas mineras e industriales emplean comúnmente el seccionador fusible tipo C en sus instalaciones, esto considerando que este equipo puede ser operado con sistemas aterrados en estrella o sistemas delta manteniendo su máxima operatividad en protección de línea-línea; en las que la continuidad de corriente puede ser de 100 amperios, 200 amperios o 300 amperios.

Las características eléctricas que deben satisfacer los cortacircuitos, se especifican en la siguiente tabla VIII.

Tabla VIII. Características eléctricas para cortacircuitos.

<b>TENSIÓN ENTRE FASES (KV)</b>	<b>13.8kv</b>	<b>34.5kv</b>
Tensión máxima asignada.	15KV	36KV
Intensidad continua asignada (A).	200	200
Frecuencia (Hz).	60	60
Intensidad de corte simétrica (kA).	10	12
Línea de fuga (metal-metal) (mm).	≥ 200	≥ 520
Nivel básico de aislamiento (kV).	95	150
Nivel de aislamiento frente a tensión.	35	70

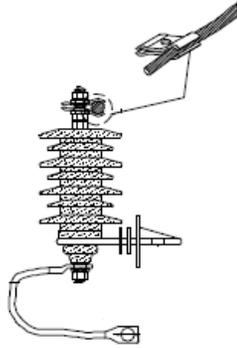
Fuente: Características eléctricas para cortacircuitos, Hubbell. Página 14.

Actualmente hay muchas marcas y fabricantes en el mercado, sin embargo nuestra evaluación de los equipos de protección sean estos para sobre corriente o sobre tensión debe de estar basado en los cumplimientos de las normas internacionales de diseño y certificación IEEE y ANSI. Se la realiza con la instalación de seccionadores y cortacircuitos con fusible.

### **1.5.2 Protección contra sobre tensiones**

Protección de sobre tensiones. Esta se da normalmente en las líneas de transmisión o distribución eléctrica, también en las diferentes clases de subestaciones, sean estas operadas por empresas transmisoras, distribuidoras, industrias privadas o empresas mineras en donde por efectos directos o indirectos de descargas atmosféricas rayos se pueden presentar sobre tensiones que exceden la tensión nominal de la línea, permitiendo que en estos caso actúen los pararrayos de línea, enviando a tierra esta sobre tensiones figura 13.

Figura 13. Pararrayos para una línea de media tensión de distribución.



Pararrayos para línea 34.5kv, Hubbell. Página 31.

La selección del pararrayos se hace comparando los requerimientos eléctricos y mecánicos del sistema con las características ofrecidas por el fabricante a continuación se describen las características eléctricas y mecánicas en un pararrayos.

### 1.5.2.1 Características eléctricas

#### a) Voltaje de operación continua del pararrayos ( $V_c$ )

Se define como el valor máximo permisible de voltaje sinusoidal rms de frecuencia industrial que se puede aplicar continuamente entre los terminales del pararrayos, sin presentar problemas térmicos. Para sistemas con neutro sólidamente conectado a tierra se tiene que:

$$V_c \geq 1.05 \times V_s / \sqrt{3}$$

Se considera que su valor es igual al de la tensión más elevada de la red ( $V_s$ ).

Para sistema con neutro resonante:

$$V_c \geq V_s$$

**b) Tensión asignada o nominal ( $V_r$ )**

Se relaciona con la capacidad que tiene el pararrayos de operar frente a sobretensiones temporales en un período definido de tiempo, y se calcula a partir de dos criterios seleccionando de entre ellos el mayor valor obtenido, así:

$$V_{r, \text{mín}} \geq 1.25 \times V_c$$

$$V_{r'} = \text{TOV} / k_{\text{TOV}}$$

$$V_r \geq \text{máx} (V_{r, \text{mín}}, V_{r1'}, V_{r2'}, \dots V_{rn'})$$

Donde:

TOV = Son las sobretensiones temporales del sistema.

$k_{\text{TOV}}$  = Viene del fabricante.

En caso de que  $V_r$  sea mayor que  $V_{r, \text{mín}}$  será necesario redefinir  $V_c$ , a partir de la expresión  $V_{r, \text{mín}} \geq 1.25 \times V_c$ .

**c) Corriente nominal de descarga  $I_n$**

Se define como el valor pico de una corriente tipo rayo normalizada de 8/20  $\mu\text{s}$ , y sirve para hacer una clasificación de los pararrayos, según se muestra en la tabla IX.

Tabla IX, Clasificación de pararrayos de óxido metálico sin explosores según In.

	<b>VALORES DE CORRIENTE NOMINAL DE DESCARGA ESTANDARIZADOS (kA)</b>			
	20	10	5	2.5
Tensión Asignada $V_r$ ( $kV_r.m.s$ f-f)	$360 < V_r \leq 756$	$3 < V_r \leq 360$	$V_r \leq 132$	$V_r \leq 36$

Fuente: Insulation Coordination Part 2: Application guide. Third editio. Página 78.

#### **d) Nivel de protección del pararrayos**

Está asociado con el valor pico de la tensión que aparece entre los terminales del pararrayos durante la circulación de la corriente de descarga, a esta tensión se la denomina tensión residual ( $V_{res}$ ) o tensión de descarga. Los niveles de protección se especifican para impulsos de corriente tipo rayo ( $V_{pl}$ ) y tipo maniobra ( $V_{ps}$ ).

Los pararrayos no protegen contra sobretensiones temporales, de aquí que la curva característica del pararrayos a tensiones de frecuencia industrial debe ser mayor que la característica de amplitud de la sobretensión temporal en función tiempo.

El fabricante en sus catálogos asocia valores de nivel de protección a cada valor de tensión asignada especificado.

#### **e) Clases de descarga de líneas y absorción de energía**

La clase de de descarga de línea se identifica como un número relativo a la capacidad de absorción de energía. De acuerdo con la norma IEC 60099-4 se definen cinco clases en donde, al incrementar el número de clase se incrementa también la capacidad de absorción de energía del pararrayos.

Así para los pararrayos de 10 kA se definen las clases de 1 a 3, mientras que para pararrayos de 20 kA se definen las clases 4 y 5. La energía que el pararrayos debe ser capaz de absorber se relaciona con las sobretensiones temporales y de maniobra, así para eventos de cierre y recierre de líneas se tiene:

$$W = V_{ps} (V_e - V_{ps}) T_w / Z$$

Donde:

$W$  = energía a ser absorbida.

$V_{ps}$  = nivel de protección del pararrayos al impulso de maniobra (kV).

$V_e$  = amplitud de la sobretensión (kV).

$Z$  = impedancia característica de la línea ( $\Omega$ ).

$T_w$  = es el tiempo de propagación de la onda a través de la línea y es igual a la relación entre la longitud de la línea  $L$  (km) y la velocidad de propagación de la onda ( $0.3\text{km}/\mu\text{s}$ ).

#### **f) Clases de alivio de presión o capacidad de corto circuito**

Se refiere a la capacidad del pararrayos de soportar corrientes de falla internas sin producir la explosión violenta de su revestimiento o cubierta, ya que esto podría ocasionar daños a los equipos circundantes o daños personales. Por lo tanto, se deberá seleccionar una clase de limitador de presión mayor o igual que la máxima corriente de falla que se pueda presentar.

En pararrayos con revestimiento polimérico colocado directamente sobre la columna de resistores el riesgo de explosión es nulo. En cualquier caso, luego de un evento de esta naturaleza es necesario sustituir al pararrayos.

Tabla X. Tensiones soportadas para el revestimiento de pararrayos.

	<b>In = 10 kA y 20 kA</b>		<b>In ≤ 5 kA</b>
	<b>V<sub>r</sub> ≥ 200 kv</b>	<b>V<sub>r</sub> &lt; 200 Kv</b>	<b>1kV ≤ V<sub>s</sub> ≤ 52 kV</b>
Impulsos tipo rayo.	1.3 * V <sub>pl</sub> (1).		
Impulsos tipo maniobra.	1.25 * V <sub>ps</sub> (2).	-	-
Tensión de frecuencia industrial.	-	1.06 * V <sub>ps</sub> .	0.88 * V <sub>pl</sub> .
1 Para alturas superiores a 1000 msnm, se adiciona un 10% por cada 1000 m [7]. 2 Para alturas superiores a 1000 msnm, se adiciona un 13% por cada 1000 m [7].			

Fuente: Insulation Coordination Part 2: Application guide. Third Edition. Página 80.

### 1.5.2.2 Características mecánicas

#### a) Revestimiento

Sirve para proteger a la columna de resistores de óxido metálico del ambiente exterior y para proveer una distancia de fuga adecuada.

Para garantizar que el revestimiento cumpla con su función, de acuerdo a las pruebas descritas en la Norma IEC 60099-4, éste debe soportar las tensiones mostradas en la tabla X.

## b) Resistencia mecánica

Se refiere a esfuerzos estáticos y dinámicos. Los esfuerzos estáticos no causan mayor problema y se pueden reducir usando de conductores y abrazaderas livianas y de menor sección, ya que el pararrayos no conduce altas corrientes en forma continua. Los esfuerzos dinámicos en pararrayos están representados por el momento de flexión causado por el viento.

$$M_w = (P \times H \times d_m \times C \times H / 2) + (P \times D \times h \times (H - I)) \square$$

Donde:

P = Presión dinámica del viento  $P = (P_1 / 2) \times v^2$ .

P<sub>1</sub> = Densidad del aire, 1.29 kg/m<sup>3</sup>.

d<sub>m</sub> = Valor medio del diámetro del revestimiento.

M<sub>w</sub> = Momento de flexión

H = Longitud del pararrayos.

h = Grosor del anillo de distribución de potencial.

D = Diámetro del anillo de distribución de potencial.

I = Distancia entre el anillo de distribución y la parte superior.

C = Coeficiente de resistencia de las partes cilíndricas. Igual a 0.8.

v = Velocidad del viento (m/s).

## c) Comportamiento antes sismos

Tanto para el pararrayos, como para el resto del equipo de la subestación, se debe considerar el riesgo de sismos en la zona. También debemos tener en cuenta que la aplicación de estos elementos de protección se va a dar tomando en cuenta los distintos niveles de tensión y descarga que deberán tolerar.

Las características más importantes de los pararrayos normalizados para la red de distribución se recogen en la tabla XI adjunta.

Tabla XI. Características para pararrayos.

<b>TENSIÓN ASIGNADA (kV)</b>	<b>13.8kv</b>	<b>34.5kv</b>
Tensión nominal (Arrester rating) (kV).	10	27
Tensión de descarga (8/20 ms- 10 kA) (kV).	$\geq 20$	$\geq 78$
Tensión máxima de servicio (kV).	8,4	22
Corriente nominal de descarga (KA).	10	10
Frecuencia nominal (Hz).	60	60
Máx. tensión descarga residual onda 8/20 ms (kV).	33	89

Fuente: Insulation Coordination Part 2: Application guide. Third Edition, Página 85.

Los pararrayos seleccionados para la protección contra sobretensiones en las redes de distribución son los, equipados con resistencias de óxidos metálicos de característica extremadamente no lineal y exento de descargadores.

En condiciones normales de funcionamiento, es decir, aplicando la tensión normal de la línea, estos pararrayos conducen a tierra una corriente de miliamperios, que puede ser tolerada de forma permanente. Al aumentar la tensión, el valor de la resistencia disminuye muy rápidamente, conduciendo a tierra la sobretensión. Al no llevar explosores de aire la actuación es más rápida, consiguiéndose asimismo, un mayor margen de protección.



## **2. TRABAJOS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.**

### **2.1 Definición de trabajos en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo**

El trabajo en líneas vivas consiste en realizar una actividad sin tener que suspender la energía eléctrica, razón por la cual se deberá hacerla con los cinco sentidos en perfecto estado y con las debidas precauciones, no debe existir el exceso de confianza hay que hacerlo como si el trabajo se realizara por primera vez.

El mantenimiento de líneas vivas comenzó con el uso de los primeros bastones para operar seccionadores, fusibles, las primeras herramientas hicieron su aparición en 1913, inicialmente eran rústicas y de fabricación casera, pero dieron origen a las actuales, más eficientes y mejor acabadas. Las primeras herramientas se diseñaron para trabajar a 34 Kv, posteriormente se llegó a trabajar en línea energizada hasta 110 Kv, en el año de 1948, se cambiaron aisladores de suspensión en una línea de 287 Kv en los Ángeles California, en 1964 se usaban herramientas de Epoxiglas en todas las líneas de los EEUU y Canadá.

### **2.2 Importancia de los trabajos en líneas de vivas**

La necesidad de realizar trabajos de mantenimiento en líneas vivas, ha ido aumentando constantemente debido a la natural expansión de las líneas, al aumento del voltaje en las de distribución y a la necesidad cada vez más imperiosa de mantener la continuidad del servicio eléctrico. El costo de realizar un mantenimiento de redes eléctricas sin tensión es elevado para las industrias, comercios y clientes en general, por lo que se hace indispensable que estos trabajos en lo posible sean realizados en línea energizada.

## **2.3 Perfil del personal que realiza trabajos en líneas vivas**

Cuando se van a seleccionar empleados o firmas contratistas para realizar trabajos en líneas vivas se puede utilizar un simple sistema de filtro. En principio sólo se les debe permitir la ejecución de trabajos en líneas vivas a las personas o contratistas capacitadas y competentes en la electrotécnica.

Como es de suprema importancia que estas personas trabajen estrictamente según las instrucciones y procedimientos de trabajo cuando estén realizando trabajos en líneas vivas, se debe poner particular énfasis en la política de selección del personal.

Cuando los trabajos en líneas vivas requieran, en su realización la utilización de equipo, en particular en sistemas de operación con tensiones mayores de 1 kV, los trabajadores tienen que tener confianza en sus colegas y poder fiarse de ellos.

Existen factores asociados con los conocimientos técnicos, las habilidades y la experiencia y por otro lado la conducta de las personas. Los factores esenciales de conocimientos, habilidades y experiencia considerados como los mínimos que deben ser exigidos a toda persona candidata a realizar trabajos en líneas vivas se enumeran a continuación sin orden particular.

### **2.3.1 Perfil técnico**

En este perfil se pueden mencionar las siguientes características, para el personal que labora en líneas vivas estas son las siguientes:

- Aprobar los exámenes que consideren necesarios, el personal de recursos humanos, adelante se presenta un ejemplo de este tipo de exámenes.
- Debe ser una persona entrenada para estos tipos de trabajos.

- Poseer alto grado de responsabilidad.
- Poseer un conocimiento teórico sobre trabajos en líneas vivas.
- Excelente aplicación de los conocimientos que posee.
- Debe conocer tanto en construcción como en operación el equipo que se le ha asignado, para la elaboración correcta del trabajo a realizar.
- Debe conocer las distancias mínimas de aproximación, que corresponden a los niveles de voltaje al que va a estar expuesto durante el tiempo que este trabajando.
- Debe ser capaz de decidir cual herramienta y equipo de protección utilizara para realizar el trabajo asignado de una manera segura y eficaz.
- Tendrá la capacidad de elegir que tipos de maniobras realizara, cuando este trabajando en líneas vivas.
- Debe ser capaz de visualizar los movimientos a efectuar antes de realizarlos.

### **2.3.2 Perfil psíquico**

En este perfil es muy importante, ya que el trabajo en líneas vivas debe ser realizado de una manera segura, debido a la repercusión de los accidentes que se pueden presentar en estos trabajos, en este perfil se pueden mencionar los siguientes aspectos a tomar en cuenta.

- Aprobar los exámenes que consideren necesarios, el personal de recursos humanos, adelante se presenta un ejemplo de este tipo de exámenes.
- La persona debe de ser una persona de temperamento calmada.
- Pensamiento analítico y comunicación.
- Tener confianza en sí mismo.
- Sentido de responsabilidad y conciencia de seguridad.
- Debe de ser capaz de trabajar en equipo y seguir instrucciones con mucha precisión.

- Tendrá la capacidad de trabajar con mucha concentración.
- Debe de ser una persona muy comunicativa.
- No debe de ser una persona nerviosa.

### **2.3.3 Perfil físico**

En este perfil se deben de reunir las condiciones siguientes:

- Todo el personal deberá aprobar pruebas medicas, elegidas por la empresa que lo esta contrata.
- Todo el personal debe de poseer una condición física fuerte.
- Debe de tener una buena altura promedio, se sugiere en este punto una altura mayor a 1.60m.
- Debe ser capaz de trabajar en condiciones climáticas con temperaturas altas.
- Poseer una coordinación motriz muy excelente.
- No debe tener miedo a las alturas.

Se recomienda realizar un examen médico profundo a los trabajadores preseleccionados para asegurar que sean capaces de cumplir las funciones y responsabilidades de la posición a la que serán asignados. Se aconseja realizar pruebas médicas para verificar la capacidad física de coordinación de las personas seleccionadas y para asegurarse que estén psicológicamente aptos para trabajar en equipos. Se recomiendan los siguientes exámenes.

- Examen Clínico.
- Examen de Laboratorio.
- Electrocardiograma.
- Electroencefalograma.
- Audiometría bilateral.

- Visión de fondo.
- RX Cervical y Lumbar (frente y perfil).

Los posibles efectos de los medicamentos y los implantes sobre la capacidad del individuo para realizar trabajos en tensión deben ser considerados cuidadosamente por parte de los empresarios. Ellos deben consultar en estos casos a sus propios médicos laborales o a otros encargados gubernamentales o nacionales de la protección de la salud laboral.

Todos los criterios básicos deben ser establecidos con la asistencia de encargados de la protección de la salud laboral para garantizar que estos criterios sean apropiados y convenientes y que proporcionen un nivel consecuente de aplicación.

Tanto los requerimientos mentales como los físicos deben entrar en consideración. Por lo cual es de vital importancia que la dirección de la empresa evalúe críticamente el desempeño laboral de sus trabajadores en todos los empleos pasados y en el presente. Sólo aquellos trabajadores que en el transcurso de los años han demostrado un desempeño profesional responsable, serio y fiable deberán ser escogidos para estos trabajos.

#### **2.3.4 Tests para obtención de criterios en la evaluación de factores técnicos y psicológicos para el personal de trabajos en líneas vivas**

La elección del personal que labora en líneas vivas, puede ser apoyado por diferentes exámenes, que tiene como fin darnos una idea de cómo esta la persona, desde el punto de vista técnico y psicológico, esto se hace para tener al personal mas calificado, en este tipo de trabajos, para reducir el riesgo de accidentes en los diferentes trabajos.

Se presenta a continuación unos ejemplos de estos exámenes, así también se presenta el método de puntuación para los mismos, cabe mencionar que existe una gran variedad de exámenes de este tipo que pueden ser modificados si se considerara necesario y adaptarlo a las condiciones internas de la propia empresa.

Los factores esenciales siguientes están considerados como requerimientos mínimos. Ellos son citados sin orden particular de prioridad.

- a) Grado de responsabilidad
- b) Aplicación de los conocimientos
- c) Amplitud y profundidad de experiencia
- d) Calidad y normas del trabajo a realizar
- e) Conciencia de sí mismo
- f) Actitud ante los cambios
- g) Pensamiento analítico y comunicación

Algunos de estos temas son considerados como parte de la conducta general de un individuo e incluyen algunas cuestiones relacionadas con el abuso de sustancias tales como alcohol, drogas o sustancias solventes.

Este aspecto puede ser considerado como parte integrante de la conciencia de sí mismo, de la autonomía y del sentido de responsabilidad del individuo en particular.

Vale la pena investigar el comportamiento de seguridad en el pasado de un individuo, tanto en su puesto de trabajo como en el tráfico callejero, o sea, sus antecedentes de conducción y de accidentes, e incluir estas observaciones en el proceso de selección pues pueden suministrar informaciones útiles sobre la conducta general del individuo.

Tabla XII, Test de evaluación del grado de responsabilidad profesional.

DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE RESPONSABILIDAD	Sí/No	Puntos
La instrucción que aún se recibe y/o el trabajo están definidos en detalle, son muy bien supervisados y controlados frecuentemente.		0
La instrucción ha sido finalizada recientemente. Trabaja como miembro de un equipo bajo supervisión con controles ocasionales. Puede tener una responsabilidad limitada por otras personas. El nivel de influencia es limitado.		1
Trabaja generalmente como miembro de un equipo o supervisado por un jefe de sección. Se espera que pueda identificar problemas. Ejerce influencia sobre el método de trabajo. Puede tener un empleado técnico subordinado.		2
Trabaja solo o como miembro de un equipo y es responsable de la mayor parte del o de los proyectos. Se espera que pueda resolver los problemas. Ejerce significativa influencia sobre el método de trabajo.		3
Trabaja como jefe de equipo o jefe del proyecto con responsabilidad/control sobre uno o varios proyectos mayores o sobre el trabajo de su equipo y sobre los gastos. Posee una gran discreción. Apto para asumir responsabilidades significantes en su departamento.		4

Fuente: AISS, Guía para la evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión, Página 35.

Es posible añadir requerimientos a estos factores y valorarlos según corresponda. Cada área de recursos humanos.

A continuación se ofrece ejemplo típico, para un test de evaluación de Grado de responsabilidad. Presentado en la tabla XII.

Estos datos son obtenidos por un test de evaluación recomendado por la asociación internacional de la seguridad social (AISS), en la guía para la evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión.

En la tabla XIV se muestran todos los aspectos que recomiendan evaluar, para la selección de personal para trabajo en líneas vivas, en el presente se muestran como ejemplo dos aspectos a evaluar contenidos en esta tabla, presentados en las tablas XII cubriendo la parte técnica y tabla XIII cubriendo la parte psicológica respectivamente.

En la siguiente tabla 15 se presenta un test típico. Para la evaluación del grado de conciencia de si mismo. Recomendados por la AISS. En la guía para la evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión.

Los otros aspectos que AISS recomienda evaluar se presentan en la tabla siguiente tabla XIV. Contenido en la guía para la evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión.

Tabla XIII. Test para descripción del grado de conciencia de sí mismo.

<b>DESCRIPCIÓN DEL GRADO DE CONCIENCIA DE SI MISMO.</b>	<b>Sí/No</b>	<b>Puntos</b>
Muy poca o ninguna evidencia de tener conciencia de sus limitaciones. No existen evidencias de reconocer cuando debe solicitar la asistencia de otros para obtener un resultado.		0
Carece de la capacidad de reconocer sus limitaciones. Limitada evidencia de apreciar el beneficio de solicitar la asistencia de otros para obtener un resultado.		1
Evidencia de un nivel efectivo de conocimiento de si mismo y una conciencia razonable de sus limitaciones. Demuestra la capacidad de solicitar la asistencia de otros para obtener un resultado.		2
Habla sobre si mismo y sus propias limitaciones con más entendimiento que la mayoría. Demuestra una clara comprensión de sus limitaciones. Muestra que aprecia el beneficio de solicitar a veces la asistencia de otros y se muestra confiado en hacerlo para obtener un resultado.		3
Gran evidencia de un alto nivel de conocimiento propio. Alta percepción de sus propias limitaciones y lo expresa con confianza. Solicita de buena gana la asistencia de otros y lo hace de forma muy apropiada.		4

Fuente: AISS, Guía para la evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión, Página 39.

Tabla XIV. Factores recomendados para su evaluación, para personal de líneas vivas.

<b>FACTOR A CALIFICAR</b>	<b>PUNTOS</b>
Nivel de responsabilidad profesional	
Aplicación de los conocimientos	
Amplitud y profundidad de experiencia	
Calidad técnica y normas del trabajo a realizar	
Conciencia de sí mismo	
Actitud ante los cambios	
Pensamiento analítico y comunicación	

Fuente: AISS, Guía para la evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión, Página 42.

La puntuación es definida en común acuerdo entre los examinadores, cuando No hay acuerdo común se tomará la puntuación más baja.

En las siguiente tabla XV se muestra un ejemplo de un test completo de evaluación recomendado por AISS, en esta tabla se incluyen la puntuación que se utilizan en esta evaluación en específico, esta puntuación queda a criterio de cada departamento de recursos humanos, o de los encargados de la evaluación del personal que se este interesado en contratar.

Tabla XV. Mínima puntuación recomendada de los factores para los distintos factores a calificar.

FACTOR A CALIFICAR	RECOMENDACIÓN PARA ASIGNACIÓN DE PUNTOS				
	Operador	Jefe de equipo	Experto	Instructor	Dirigente
Nivel de responsabilidad profesional	1	4	4	4	4
Aplicación de los conocimientos	1	2	3	4	2
Amplitud y profundidad de experiencia	1	2	3	4	2
Calidad técnica y normas del trabajo a realizar	1	2	3	4	3
Conciencia de sí mismo	2	3	4	4	3
Actitud ante los cambios	2	3	4	3	3
Pensamiento analítico y comunicación	2	2	4	4	3

Fuente: AISS, Guía para la evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión. Página 42.

#### 2.4 Medidas de seguridad cuando se realicen trabajos en líneas vivas

La seguridad juega un papel muy importante cuando se realizan trabajos en líneas vivas, ya que de esto depende el éxito que al final se obtenga del trabajo desarrollado y sobre todo por que los accidentes que se pueden presentar en trabajos en líneas vivas, son bastante graves tanto para el personal técnico como para la red eléctrica de distribución.

### **2.4.1 Procedimientos generales para el trabajo en línea viva**

Estos procedimientos se dan dada la importancia del tener una buena coordinación en los trabajos en línea viva, estos procedimientos son:

- El trabajo solo lo ejecutarán linieros capacitados y entrenados.
- Se debe de realizar una programación del trabajo, indicando las características técnicas, formas, materiales y equipos que se utilizaran en el desarrollo del trabajo.
- Se organizará una reunión previa, para recordar la importancia y cuidados que se deben de tener en trabajos en línea viva.
- Comunicación con la subestación y el centro de operación. Antes de iniciar los trabajos en línea viva.
- Atención permanente. A las maniobras que se están realizando, para seguir un orden adecuado en la elaboración de estas.
- No trabajar en condiciones de falla ni en días lluviosos.
- Desarrollar un trabajo de cuidado y no de rapidez.
- Tener un plan de mantenimiento bimensual de equipos y herramientas.

### **2.4.2 Normas generales para el trabajo en línea viva**

Entre las medidas que se deben de tomar al efectuar trabajos en líneas vivas podemos mencionar las siguientes:

- Los trabajos con tensión se programarán en días donde las condiciones atmosféricas sean apropiadas (días despejados, secos, sin vientos).
- El trabajo se efectuará bajo la dirección y vigilancia de un jefe de trabajo, que será el trabajador cualificado que asume la responsabilidad directa del mismo; si

la amplitud de la zona de trabajo no le permitiera una vigilancia adecuada, deberá requerir la ayuda de otro trabajador calificado.

- El trabajo debe ejecutarse con coordinación, calma y habilidad, no se debe sacrificar la seguridad por la rapidez.
- Siempre se debe trabajar una fase a la vez manteniendo las demás alejadas, o cubiertas dependiendo de la técnica que se este utilizando.
- Cuando se trabaja a contacto siempre se debe utilizar las protecciones personales, descritas en la sección 2.7 de este capítulo.
- Debe existir una excelente programación de trabajo.
- Se deben cumplir rigurosamente las normas establecidas por cada compañía de servicios públicos del trabajo.
- Cada liniero debe estar enterado de el tipo de trabajo a ejecutar, técnica a utilizar y secuencia del trabajo.
- Antes y durante el trabajo debe existir una comunicación con la subestación y el centro de distribución.
- El área de trabajo debe ser aislada convenientemente.
- La cuadrilla debe mantener la atención en las labores que se ejecutan.
- Cada liniero es responsable del cuidado y revisión en el terreno de su equipo de protección personal.
- Las cuadrillas de línea viva solamente ejecutan trabajos en redes energizadas, esta medida se toma para que el linero cada vez este mas familiarizado con los trabajos en líneas vivas, al volverse esta su especialidad y así minimizar el riesgo de accidentes.
- Se debe evitar trabajar bajo condiciones de fallas en las líneas de distribución.
- Participar en las actividades de capacitación y adiestramiento en materia de seguridad establecidas por los entes reguladores.
- Todo el personal debe de evitar usar anillos, cadenas, pulseras, cargar elementos de combustión o cualquier otro material de metal, que no sea necesario utilizar durante los trabajos en líneas vivas.

- Se debe de llevar siempre un botiquín de primeros auxilios, y todo el personal deberá tener conocimiento de cómo utilizar este botiquín adecuadamente, si su uso es necesario.

### **2.4.3 Maniobras complicadas en trabajos de líneas vivas**

Se debe tener especial cuidado con las siguientes maniobras:

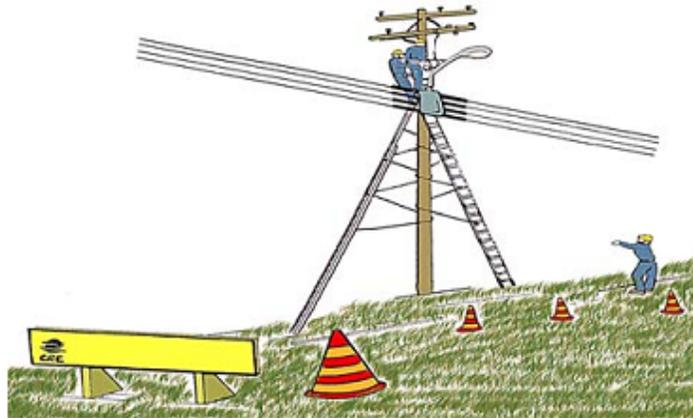
- Conexión y/o desconexión de dispositivos de corte y protección.
- Traslado de líneas.
- Colocación de puentes provisionales.
- Cubrimiento de redes.

### **2.4.4 Señalización y delimitación de zonas de trabajo en líneas vivas.**

Cuando se trabaje en lugares donde exista la posibilidad de tráfico peatonal o vehicular, el área de trabajo debe ser aislada y señalizada adecuadamente figura 14, mediante la utilización de conos, carteles, caballetes, cordones, etc.

Colocar señales de seguridad delimitando la zona de trabajo. Señalizar una zona de trabajo es indicar mediante frases o dibujos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidentes a personas y animales.

Figura 14. Señalización cuando se realizan trabajos en líneas vivas.



Líneas de media tensión, CFE. Página 45.

Colocar señales de seguridad delimitando la zona de trabajo. Señalizar una zona de trabajo es indicar mediante frases o dibujos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidentes a personas y animales.

Las señales de seguridad se clasifican:

- **Por su color:** Cada color utilizado indica un mensaje descrito a continuación.
  1. Amarillo, indica atención o peligro.
  2. Rojo, indica prohibición o parada.
  3. Verde, indica situación de seguridad.
  4. Azul, indica obligación.
  
- **Por su forma:** Cada forma corresponde a un concepto descrito a continuación.
  1. Circulares, indican obligación o prohibición.
  2. Triangulares, indican advertencia.
  3. Rectangulares, indican información.

Señalización y delimitación de la zona de trabajo, en todos los trabajos de mantenimiento de líneas aéreas o subterráneas o en sus proximidades deberá delimitarse la zona de trabajo, mediante señales de seguridad que:

- Indiquen la prohibición de acceso al área de trabajo o la energización de máquinas eléctricas por personas no autorizadas.
- Prohíban a personas no autorizadas tocar o manejar los equipos, herramientas y equipo de protección del personal.
- Delimitar el área de mantenimiento mediante la colocación de: Cintas, cuerdas o cadenas de plástico de color rojo o anaranjado y mosquetones para su enganche.
- Colocación de Barreras extendibles de color rojo o anaranjado provistas de cuerdas en sus extremos para su sujeción, Banderolas, Estandartes.
- Utilizar colgaduras de color rojo para la señalización de la zona de trabajo; o Tarjetas de libranza con información de quien realiza, quien autoriza, cuando se inició y cuando termina el trabajo que realiza.

#### **2.4.5 Normas para trabajos desde el equipo o vehículo con canasta**

Los vehículos con brazo hidro-elevador aislado o tipo canasta, plataformas aislantes o equipos similares, deben recibir el mismo tratamiento que cualquiera de las herramientas debiendo por lo tanto contarse con un registro donde se pueda citar la existencia o adjuntar una copia de la información del mantenimiento y ensayos que es necesario realizar, donde se asentarán los ensayos y reparaciones que se le hayan efectuado al equipo.

- Tomar en cuenta las condiciones del lugar de trabajo para la ubicación del equipo.

- Tener muy en cuenta todas las redes cercanas a la zona de trabajo, que no se estarán manipulando, ya que pueden representar un peligro a la hora de realizar maniobras.
- El vehículo debe contar con una conexión sólida a tierra.
- Se debe de contar con un nivel de aislamiento adecuado para el personal y del equipo.
- Se debe de utilizar el cinturón de seguridad.

#### 2.4.6 Distancias mínimas en trabajos en líneas vivas

Tabla XVI. Distancias mínimas.

<b>DISTANCIAS MÍNIMAS PARA TRABAJO EN LÍNEA VIVA</b>				
<b>Tensión nominal en kilovolts entre fases</b>	<b>Distancia</b>			
	<b>Exposición entre fase y tierra</b>		<b>Exposición entre fase y fase</b>	
	<b>(pies-pulg)</b>	<b>(m)</b>	<b>(pies-pulg)</b>	<b>(m)</b>
0.05 a 1.0				
1.1 a 15.0	2-1	0.64	2-2	0.66
15.1 a 36.0	2-4	0.72	2-7	0.77
36.1 a 46.0	2-7	0.77	2-10	0.85
46.0 a 72.6	3-0	0.90	3-6	1.05
72.6 a 121	3-2	0.95	4-3	1.29
138 a 145	3-7	1.09	4-11	1.50
161 a 169	4-0	1.22	5-8	1.71
230 a 242	5-3	1.59	7-6	2.27
345 a 362	8-6	2.59	12-6	3.80
500 a 550	11-3	3.42	18-1	5.50
765 a 800	14-11	4.53	26-0	7.91

Fuente: Lineamientos OSHA para media tensión. Página 94.

Estas distancias están de acuerdo a los lineamientos de OSHA, que se presentan en la tabla XVI que se presenta a continuación, se incluye importante información que toda persona que esta relacionada con los trabajos en líneas vivas, deberá tener conocimiento de esta tabla por la importancia que esta representa, en el campo de trabajos en líneas vivas.

Estas distancias tienen en cuenta la mayor tensión de impulso de maniobra a la cual puede estar expuesta una persona en cualquier sistema en el cual el medio aislante sea el aire y a la mayor tensión indicada en la tabla. La distancia de cualquier parte del cuerpo del operario a la línea debe ser igual o mayor a los valores indicados. Evite el contacto.

## **2.5 Normas de fabricación, chequeos de equipos y herramienta para trabajos en líneas vivas**

El equipo que se utiliza en los trabajos en líneas vivas, debe de estar sometido a normas de calidad de primer nivel, para evitar que errores puedan aparecer en los trabajos de líneas vivas, por estos motivos surge la necesidad de apoyarse a normas internacionales, ya que de estas normas existen varias, en este informe se incluye en la tabla XVII, las normas ASTM para, guantes, mangas, cubridores, mangueras, mangueras, pértigas, plataformas y canastas, todo este equipo y herramientas para trabajos con líneas vivas ingresados y utilizados en cualquier empresa.

Serán sometidos a inspecciones y ensayos de acuerdo con lo especificado en las normas de fabricación, debiendo contar cada una o cada lote con el correspondiente certificado de calidad.

Tabla XVII. Normas de fabricación y chequeo de equipos y herramientas.

<b>NORMAS DE FABRICACIÓN Y CHEQUEO DE EQUIPOS</b>		
<b>EQUIPOS</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>CHEQUEO</b>
GUANTES	ASTM D-120	ASTM F-496
MANGAS	ASTMD-1051	ASTM F-496
MANTAS	ASTM D-1048	ASTM F-479
CUBRIDORES	ASTM D-1049	ASTM F-478
MANGUERAS	ASTM D-1050	ASTM F-478
PÉRTIGAS Y PLATAFORMAS AISLADAS	ASTM D-149	ASTM F-711
CANASTAS	ASTM F-914	ACNOR C-225

Fuente: Terminology from tools and equipment to be used in live working. Página 30.

Los operarios que realizan el trabajo en línea viva necesitan un equipo especial de protección personal como los guantes, mangas, casco, entre otros y para protección colectiva mantas, cubridores y el carro canasta, los cuales le quitan libertad de movimiento a los operarios, pero que son necesarios para su seguridad, manejan un color específico dependiendo el nivel de tensión en el cual se va a trabar de la siguiente manera en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Clasificación de colores del equipo de protección según el nivel de tensión.

<b>CLASIFICACIÓN DE COLORES PARA EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.</b>		
<b>COLOR</b>	<b>CLASE</b>	<b>TENSIÓN VOLTIOS.</b>
ROJO	0	5000
BLANCO	1	10000
AMARILLO	2	20000
VERDE	3	30000
NARANJA	4	40000

Fuente: Terminology from tools and equipment to be used in live working. Página 25.

Para la clase 0, la tensión máxima de uso se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Tensión máxima de uso} = 0,95 * (\text{Tensión de prueba del equipo}) - 2.000\text{V}$$

## **2.6 Herramientas que se utilizan en trabajos con líneas vivas**

### **Generalidades de las pértigas o varas aisladas**

1. Construidas en fibra de vidrio con revestimiento de resina epoxica y terminales en aluminio.
2. Cómoda y fácil manipulación.
3. Alta resistencia mecánica.
4. Peso mínimo.
5. Excelentes cualidades de aislamiento eléctrico.

## **Cuidados que se deben aplicar a las pértigas**

1. Correcto transporte y ubicación en el área de trabajo.
2. Chequeo eléctrico y mecánico.
3. Mantenerlas libres de humedad.
4. Mantenerlas libres de deterioro en su superficie.

Todas las pértigas que se utilizan para trabajos en líneas vivas, deben cumplir los requerimientos de las normas internacionales, para que el uso de estas sea seguro para el personal que labora con estas, adicionalmente a las normas presentadas en la tabla XVII, tenemos las siguientes normas para pértigas y varas para trabajos en líneas vivas.

- Norma ASTM F 1826-00
- IEC 743 Terminology from tools and equipment to be used in live working.
- Certificación OSHA. Ensayadas con aplicaciones de KV correspondiente por pie durante 5 minutos.
- IEEE Std. 978-1984.

Existe una amplia gama de pértigas y varas para ejecutar trabajos en línea vivas, las principales se presentan clasificadas en:

### **2.6.1 Pértigas escopeta o Grip-All**

La pértiga escopeta Grip-All figura 15 es una herramienta muy versátil en las manos de un liniero, proporcionando un dedo adicional de fácil control en el extremo aislado. Aunque está diseñada principalmente para colocar grapas para trabajo en línea viva y de puesta a tierra, puede usarse tanto en líneas aéreas como subterráneas empleando los accesorios pertinentes como en el caso de la pértiga universal.

Figura 15. Pértigas escopeta grip-all.



Pértigas para líneas vivas, Manual hubbell. Página 5.

El mecanismo de la pértiga, comúnmente conocido como escopeta, posee un mango deslizante que abre el gancho para asir el ojo de la grapa, retrayéndolo en la cabeza de la herramienta. Para destrabar el mango y poder abrir el gancho, debe oprimirse un pestillo de seguridad.

Si bien la cabeza de la herramienta está construida en lexan para usarla en espacios reducidos, el operario debe mantener la distancia de seguridad recomendada en base a la sección de epoxiglas de la pértiga, pues el gancho y su mecanismo actuador son metálicos.

Las pértigas escopeta Grip-All son de fácil mantenimiento y no necesitan ser desmontadas para su limpieza. Todas las partes aislantes, incluyendo la varilla de operación del gancho, están fuera de la pértiga principal facilitando su secado. Precaución no limpiar la cabeza plástica con solvente.

### **2.6.2 Pértiga telescópica**

Las pértigas telescópicas de epoxiglas son muy prácticas para el trabajo del liniero, permitiéndole realizar muchas tareas rutinarias desde el suelo. Como en el caso de las pértigas grip-all y universales. El cople universal de su sección aislada superior admite el montaje de una gran variedad de accesorios para que el liniero pueda desconectar interruptores.

También se utiliza para cambiar el tubo portafusible en cortacircuitos, quitar protectores de poste, podar árboles y muchas otras tareas en la línea todo con una sola herramienta. Figura 16.

Figura 16. Pértiga telescópica.



Pértigas para líneas vivas, Manual hubbell, página 11.

La pértiga alcanza una longitud que varía según la especificación de medidas que posea, esta variación de medida puede ser desde unos 5 pies, hasta unos 20 pies o más. Una vez retraída, la pértiga alcanza una longitud unos 5 pies, permitiendo su transporte en casi todo tipo de vehículo de servicio, a menudo en la cabina.

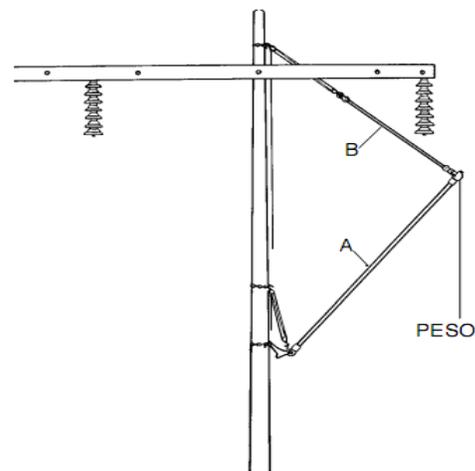
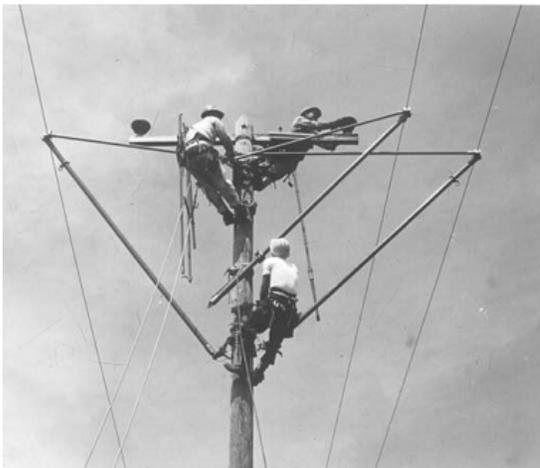
Las funciones más comunes que permite realizar una pértiga telescópica, son parecidas a las de una pértiga universal y la pértiga grip-all, con la diferencia que cada una de estas funciones se realizan desde el suelo, dando un aumento muy importante a la seguridad con la que se realizan estas labores, estas funciones son las siguientes.

- Podar árboles.
- Cambio de fusibles.
- Pintar.
- Quitar cubiertas de poste.
- Limpiar conductores.
- Rociar aerosoles.
- Cambiar lámparas.
- Medir diámetros de conductor.

### 2.6.3 Pértigas de soporte de conductor

Las Pértigas Soporte de Conductor se utilizan normalmente en todas aquellas aplicaciones donde es necesario correr y mantener los conductores energizados fuera del área de trabajo, en líneas aéreas configuradas con crucetas planas y/o con aisladores a perno, estructuras con aisladores tipo "line post" horizontales, líneas con aisladores de suspensión, como apoyos de brazos auxiliares y en construcciones de EHV (Extra Alta Tensión) como guías para el posicionamiento de postes, apoyos o escaleras figura 17.

Figura 17. Pértigas de soporte de conductor.



Pértigas de soporte para línea viva, Hubbell. Página 13.

Una familia completa de grapas, accesorios, silletas y elevadores a palanca permite adaptar estas pértigas a los requisitos mecánicos específicos de las diversas tareas de mantenimiento. Las Pértigas Soporte de Conductor están construidas de epoxiglas. Las piezas fundidas son de aleación de aluminio termotratada, separadas por anillos de bronce para disminuir el desgaste.

Su cabeza, con mandíbulas de amplia capacidad, puede sujetarse firmemente al conductor si el operador gira la pértiga desde una posición que debe estar más allá de la distancia mínima de pueden ser levantadoras soportan el peso del conductor y tensoras soportan la tensión de templado de la línea.

#### **2.6.4 Pértigas para uso universal**

Se usan para desacoplar físicamente las líneas de los aisladores, estas pértigas cuentan con varios accesorios para acoplarse a estas, para cumplir diferentes funciones en el trabajos en líneas vivas, figura 18.

Figura 18. Pértigas para uso universal



Pértigas para línea viva, Hubbell. Página 14

Los accesorios para cople universal dentado que se muestran en las siguientes páginas, se sujetan con un tornillo mariposa al cople dentado de las pértigas universales, resultando en una herramienta firme para trabajar en línea viva. Para lograr mayor versatilidad en el trabajo, las piezas dentadas permiten fijar el accesorio en un ángulo de hasta 90 grados respecto a la pértiga, dependiendo del diseño del accesorio; puede instalarse un adaptador universal entre la pértiga y el accesorio para obtener cualquier ángulo que se desee.

Por su función, los accesorios de pértigas para línea viva, se clasifican en los siguientes accesorios, que se utilizan según sean las necesidades que se presentes en los trabajos en líneas vivas.

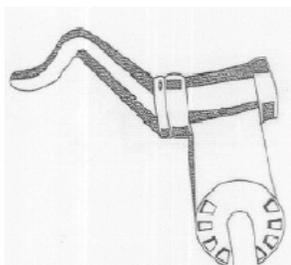
- Cabeza de punta giratoria.
- Cabeza de punta giratoria.
- Cabeza de hoja giratoria.
- Cepillo para limpiar conductores.
- Sierra podadora.
- Cabeza desconectadora de pértiga.
- Desconectador universal.
- Desconectador universal con bloqueo.
- Desconectador universal con sujeción de fusibles.

#### **2.6.4.1 Cabeza de punta giratoria**

Este accesorio se utiliza para colocar amarres con extremos cerrados en aisladores, el material del cuerpo debe ser de una aleación de aluminio tratado térmicamente y el cabezal debe ser de bronce, permitiendo giros completos en los amarres de cables sin perder el contacto.

La cabeza de punta giratoria debe tener en su parte inferior un cople universal ranurado para emplearse con pértiga la universal figura 19. Su masa no debe ser mayor a 0,18 k9.

Figura 19. Cabeza para punta giratoria para amarres.

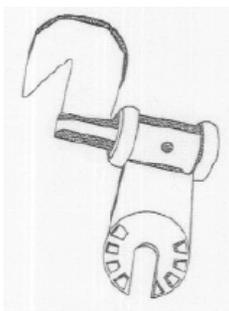


Accesorios para pértiga universal, Hubbell. Página 16.

#### 2.6.4.2 Cabeza de hoja giratoria

Este aditamento se utiliza para manipular alambre para amarres, el material de la hoja en V debe ser de acero al carbono, el cuerpo debe ser de una aleación de aluminio tratado térmicamente. La cabeza de hoja giratoria debe tener en su parte Inferior un copie universal ranurado para emplearse con pértiga universal, su masa total no debe exceder los 0,18 kg figura 20.

Figura 20. Hoja giratoria para amarres.



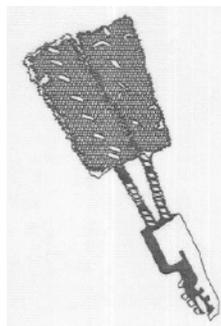
Accesorios para pértiga universal, Hubbell. Página 16.

### 2.6.4.3 Cepillo para limpiar conductores

Este accesorio se emplea para limpiar conductores instalados en la red aérea de distribución, se emplean dos tipos de cepillos para este fin:

- **Cepillo 1:** debe llevar dos cepillos colocados en posición V acoplados a una cabeza ranurada para utilizar con pértiga universal. Las cerdas deben ser lo suficientemente rígidas para limpiar cables metálicos. Su masa no debe ser mayor a 0,4 kg figura 21.

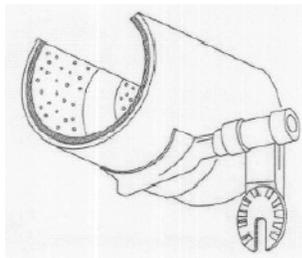
Figura 21. Cepillo para limpiar conductores tipo V.



Accesorios para pértiga universal, Hubbell. Página 17.

- **Cepillo 2:** debe tener forma semitubular, con cabeza ranurada para acoplarse a pértiga universal en dos posiciones, debe limpiar conductores de hasta 23,5 mm de diámetro. Su masa no debe ser mayor a 0,4 kg figura 22.

Figura 22. Cepillo semitubular para limpiar conductores.



Accesorios para pértiga universal, Hubbell. Página 17.

#### **2.6.4.4 Sierra podadora**

Debe ser de acero con dientes finos revestidos de teflón y una longitud de 400 mm a 460 mm, con una masa de 0,25 kg máximo; puede usarse con un mango tipo pistola, la sierra podadora debe tener en su parte inferior un cople universal ranurado para emplearse con pértiga universal o telescópica ver figura 23.

Figura 23. Sierra podadora para pértiga.

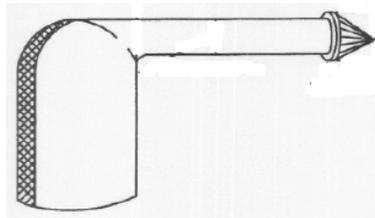


Accesorios para pértiga universal, Hubbell. Página 18.

#### **2.6.4.5 Cabeza desconectadora de pértiga**

Se utiliza para desconectar cortacircuitos fusible e instalar o retirar fusibles sin potencial El material del cuerpo debe ser de bronce. La cabeza desconectadora de pértiga debe acoplarse sobre una pértiga fija de diámetro interior 38.1 mm, su masa no debe ser mayor a 0.4 kg. La longitud de vástago debe tener 114,3 mm máximo ver figura 24 y al final del vástago un tope en forma de cono.

Figura 24. Cabeza desconectadora de pértiga.



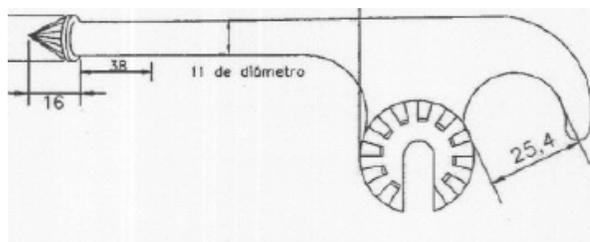
Accesorios para pértiga universal, Hubbell. Página 18.

#### 2.6.4.6 Desconectador universal

Este accesorio se utiliza para abrir y cerrar interruptores. Seccionalizadores y gabinetes debe tener en su parte inferior un copie universal ranurado para emplearse con pértiga universal o telescópica.

El material del desconectador debe ser de bronce, debe tener una masa máxima de 025 kg y una longitud del vástago de 114,3 mm máximo; en la parte contraria debe contar con un gancho con las dimensiones que se muestran en la figura 25.

Figura 25. Desconectador universal.

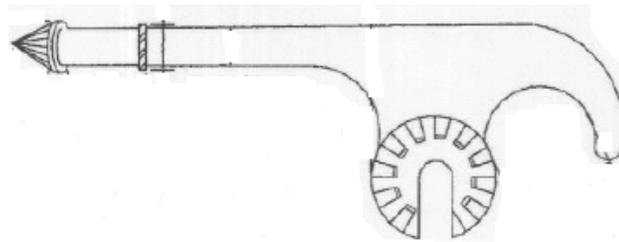


Accesorios para pértiga universal, Huber. Página 19

#### **2.6.4.7 Desconectador universal con bloqueo**

Se utiliza para desconectar cortacircuitos fusible e instalar o retirar fusibles sin potencial, para abrir y cerrar interruptores, seccionalizadores y gabinetes debe estar hecho de bronce. Se acopla sobre una pértiga universal o telescópica, su masa no debe ser mayor a 0,4 kg, la longitud de vástago debe tener 114,3 mm máximo, debe contar con un tope aproximadamente a 38 mm y al final del vástago un tope en forma de cono ver figura 26.

Figura 26. Desconectador universal con bloqueo



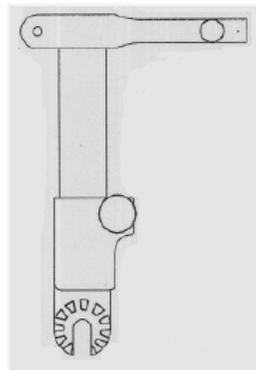
Accesorios para pértiga universal, Huber. Página 19

#### **2.6.4.8 Desconectador universal con sujeción de fusibles**

Se utiliza para desconectar cortacircuitos fusible e instalar o retirar fusibles sin potencial, se acople e una pértiga universal o telescópica, su masa no debe ser mayor a 0,5 kg, en el centro del arco debe contar con muelles o pestañas móviles con suspensión de resorte para detener el porta fusible, debe contar con tornillo o perno con marca de pintura amarilla fosforescente no conductiva para su fácil observación o inserción en el ojo del porta fusible.

Para dar rigidez dieléctrica el cuerpo principal debe ser de fibra de vidrio, el cual debe sostener por un lado el arco metálico para detener el porta fusible con desconectador y por el otro extremo se tiene el acoplamiento metálico para atornillarse a la pértiga. Ver figura 27.

Figura 27. Desconectador universal con sujeción de fusible.



Accesorios para pértiga universal, Huber. Página 20

Como hay más de 75 accesorios diferentes para las pértigas universales, que se pueden escoger una para cada uno de los diferentes trabajos de mantenimiento, los accesorios universales más utilizados por las cuadrillas de trabajo en línea viva y que fueron seleccionados por el personal de demostración de herramientas de trabajo en línea vivas se resume en el siguiente listado.

- Sujetador de pernos.
- Extractor de chavetas a resorte.
- Herramienta para fusible de porcelana.
- Desconectador a resorte.
- Alineador de pernos.
- Regla plegable.
- Matraca con entrada cuadrada de 1/2 pulgada.

- Desconectador universal.
- Cabeza con punta doble para amarres.
- Porta herramienta (entrada 5/8").
- Herramienta para Instalación de Chavetas.
- Serrucho de poda.
- Empujador de chavetas.
- Desarmador.
- Herramienta universal para desconectores.
- Ajustador de Rotulas.
- Cabeza para grapas.
- Arco de sierra.
- Cabeza tipo eslabón.
- Brocha.
- Espejo de gran claridad.
- Cepillo para limpieza de conductor.
- Gancho de pastor.
- Extensión de pértiga para mal tiempo.
- Manija tipo pistola para serrucho.
- Cabeza con hoja fija para amarres.
- Horquilla ajustable para aisladores.
- Cabeza con llave flexible para dados con entrada cuadrada de 1/2 pulgada.
- Cuchilla para pelar cables.
- Cabeza de punta giratoria para amarres.
- Hoja giratoria para amarres.
- Desconectador tipo espiral.
- Desconectador de punta.
- Gancho para ramas y sogas.
- Medidor de conductor.

- Herramienta multipropósito para chavetas.
- Extractor de porta fusibles.
- Adaptador universal.
- Martillo.
- Ajustador de rotulas.
- Cepillo para limpieza de conductor.
- Llave para cabeza de pernos.
- Llave matraca.
- Sujetador de Latas de aerosol.
- Instalador de pernos de horquillas.
- Herramienta plástica para aislador.
- Pinza multi ángulo.
- Herramienta hot rodder para amarres preformadas.
- Golpeador.
- Ajustador de rótulas.
- Accesorio para amarres.
- Cabeza multiusos.

### **2.6.5 Varas para uso especial**

Se usan para trabajos individuales específicos, pueden usarse para sostener conductores temporalmente, tensar conductores, para separar conductores, también para sostener cadena de aisladores, pértigas de puentes provisionales, pértigas para equipos de medición. A continuación se describen estas varas de uso especial.

### 2.6.5.1 Vara eslabón de tensión

En las estructuras terminales y de desvío, se usan varas eslabón como aislamiento entre las poleas de soga y las grapas de tiro de conductor. La carga de los conductores en claros largos y en estructuras en H exceden a veces la capacidad de carga segura de las varas soporte de conductor figura 28.

Figura 28. Vara eslabón de tensión.



Varas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 2.

Para suplementar estas varas, se fija en el conductor, cerca de ellas, una Vara Eslabón. La vara eslabón se soporta desde arriba con poleas de soga que se fijan a la vara soporte de conductor. Las varas eslabón también se utilizan para soportar el conductor central en las estructuras en H durante el cambio de aisladores o crucetas.

Los ganchos y los casquillos son de aleación de aluminio termotratado de excelente relación esfuerzo/peso. Los anillos de tope para fijar poleas de soga o sogas de mano son de acero forjado de alta calidad. La pieza giratoria de tope gira libremente en el cojinete de bolas. Los bordes de las mandíbulas de las varas eslabón están redondeados para evitar daños al conductor.

### 2.6.5.2 Vara eslabón espiral

La vara eslabón en espiral se usa en reemplazo de la vara eslabón con grapa en lugares estrechos donde el liniero no puede instalar manualmente y de manera segura, una vara tensora. Un ojo de izado en el casquillo de la cabeza permite al liniero guiar la vara eslabón en espiral hacia el conductor con una vara para trabajo en línea viva.

La vara eslabón en espiral está hecha de epoxiglas. Las piezas fundidas de los casquillos son de aleación de aluminio termotratado; el gancho espiral y el anillo de tope son de acero galvanizado figura 29.

Figura 29. Vara eslabón espiral.



Varas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 3.

### 2.6.5.3 Vara eslabón de rodillo

La vara eslabón de rodillo se usa para separar conductores y mantenerlos a un lado en la mitad del claro al reubicar postes. Se fija al conductor en el poste y se jala de ella hasta su ubicación en el centro del claro con una soga de mano asegurada al anillo de tope.

La soga de mano se debe asegurar a un anclaje helicoidal temporal u otro objeto fijo. Esta herramienta también se usa para medir la distancia entre el conductor y el suelo poniendo una cinta o una soga en el anillo de tope. Las varas eslabón de rodillo tienen un gancho se cierra girando la vara dejando a la cabeza rodar libremente a lo largo del conductor. Figura 30.

Figura 30. Vara eslabón de rodillo.



Varas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 4.

### 2.6.6 Poleas aisladas

Estos tecles se utilizan para tensar cable a la tensión deseada, también se utilizan para levantar líneas que están caídas y también ayudan al aseguramiento del cable dentro de las grapas de remate cuando se esta asegurando la línea figura 31.

Figura 31. Poleas aisladas.

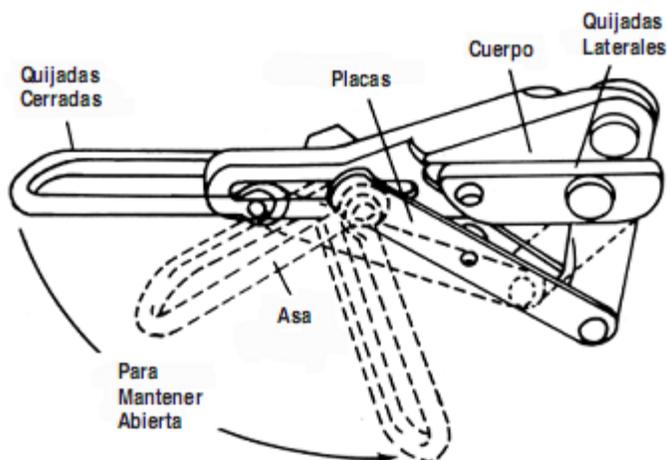


Herramienta para trabajos con línea viva, Huber. Página 14.

### 2.6.7 Tensores de acero forjado o comelones

Los tensores son de uso común en las aéreas de electricidad, comunicaciones y construcción. Por lo general para jalar alambre y cable también para mantener una tensión temporal hasta que el trabajo pueda ser terminado permanentemente. Estos tensores deberán usarse, únicamente, para la tensión de líneas y no como anclas figura 32.

Figura 32. Tensores o comelones.



Herramienta para trabajos con línea viva, Huber. Página 8.

### 2.6.8 Herramientas para corte

Esta herramienta se utiliza para efectuar cortes cable que se esta manipulando, por el liniero y también debe de estar correctamente aislada para el trabajo en líneas vivas. Existen diversidad de modelos que efectúan esta labor, a continuación se presentan las que tienen mayor uso en los trabajos en líneas vivas.

Estas herramientas de corte están también bajo diferentes normas que rigen las calidad de estas, entre la normas mas utilizadas están. Las nomas ASTM, con pruebas bajo condiciones OSHA Sub Parte V sección 1926.951.

#### 2.6.8.1 Cortadoras de conductor

Las cuchillas tipo tijera cortan sin deformar el cable. Estas cortadoras están diseñadas para aplicaciones en línea viva, pero el operador debe usar guantes aislantes de hule, según el nivel de aislamiento que se requiera y debe mantener la distancia de seguridad adecuada cuando corta conductores energizados figura 33.

Figura 33. Cortadora de conductor.



Herramienta de corte para trabajos con línea viva, Manual Huber.  
Página 6.

### 2.6.8.2 Cortadoras de conductor tipo trinquete

Este diseño de gran desempeño posee rodillos de plástico delrin y una varilla de operación de dos piezas. El mecanismo a rodillo se desplaza suavemente sobre la pértiga principal de epoxiglas. Figura 34 la varilla articulada de operación y la pértiga de epoxiglas se refuerzan mutuamente y están conectadas por la unidad de soporte a rodillo. Estas cortadoras de cable de trinquete cumplen con los requisitos eléctricos de OSHA sub parte V sección 1926.951(d).

Figura 34. Cortadora de cable tipo trinquete.



Herramienta de corte para trabajos con línea viva, Manual Huber.  
Página 6.

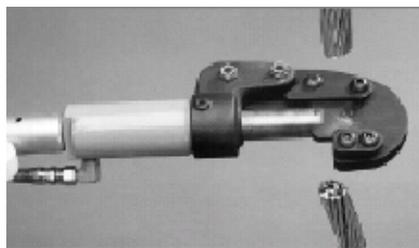
### 2.6.8.3 Cortadoras hidráulicas

Operación sencilla, construcción poderosa. Un solo liniero puede cortar fácilmente grandes conductores con la ayuda de esta potente herramienta con sistema hidráulico incorporado. Se opera como un gato hidráulico, simplemente bombeando con la palanca.

La cortadora epoxiglas, presentadas como ejemplo en este informe, el mango y la manguera hidráulica han sido sometidas a pruebas dieléctricas de hasta 100 Kv por pie.

El aceite hidráulico posee una capacidad dieléctrica mayor a 25 kV según ASTM D877-64. La manguera tiene una resistencia mínima a la rotura de 12.000 psi. La bomba suministra una presión máxima de 9000 psi. Figura 35.

Figura 35. Cortadora de cable hidráulica.



Herramienta de corte para trabajos con línea viva, Manual Huber.  
Página 12.

### 2.6.9 Herramienta de uso personal

Las herramientas de mano a utilizarse deben garantizar una constitución con materiales resistentes, la unión entre sus elementos debe ser firme para evitar cualquier rotura, los mangos y sus empuñaduras serán de tamaño adecuado, no tendrán superficies resbaladizas ni bordes agudos y serán aislantes en caso necesario.

En las herramientas de mano, las partes cortantes o punzantes, se mantendrán debidamente afiladas, las cabezas metálicas carecerán de rebabas y durante su uso estarán libres de grasas, aceites y otras sustancias deslizantes. Estas herramientas están regidas por el código de colores presentado en la tabla XVIII. Presentada anteriormente.

Esta es utilizada por el liniero, es de uso personal. En esta herramienta se incluyen navajas, alicates, desarmadores, cuchillas, todo este equipo deberá estar aislado adecuadamente para trabajos con líneas vivas figura 36.

Figura 36. Herramienta de uso personal.



Herramienta personal para trabajos con línea viva, Hubell.  
Página 5.

## **2.7 Equipo que se utiliza en los trabajos en líneas vivas**

### **2.7.1 Equipo de seguridad y protección eléctrica para el personal**

Un es un equipo diseñado para que una persona lo lleve o lo sustente. Debe proteger a la persona contra uno o varios riesgos que pueden poner en peligro su salud o su seguridad. En la práctica, esto quiere decir que el trabajador debe estar protegido contra la corriente que pueda fluir a través de su cuerpo y contra los efectos producidos por los arcos voltaicos durante el trabajo en instalaciones en tensión.

Los equipos de protección personal deberán cumplir, al menos con los siguientes requisitos:

- a) Deberán ser seleccionados de acuerdo a las condiciones de trabajo, climáticas y contextura del trabajador.
- b) Deberán proporcionar una protección efectiva contra el riesgo.
- c) No deberán poseer características que interfieran o entorpezcan significativamente el trabajo normal del trabajador, y serán cómodos y de rápida adaptación.
- d) No deberán originar problemas para la integridad física del trabajador considerando que existen materiales en los equipos de protección personal que pueden causar alergias en determinados individuos o sean fácilmente combustibles.
- e) El mantenimiento deberá ser sencillo, y los componentes deteriorados deberán ser de fácil reposición o en su defecto posibles de reparar sin que ello represente una merma en la capacidad protectora del equipo.
- f) Su deterioro o inutilización deberá ser detectable a través de inspecciones simples o sencillas.

- g) Periódicamente la empresa deberá revisar y registrar la calidad y operatividad de los equipos de protección personal.

En su trabajo diario el operador de redes debe evitar el uso de ropa suelta, cadenas, manillas, anillos u otras prendas que puedan causar riesgos de accidentes. Las prendas no deben tener partes metálicas que constituyan un riesgo en trabajos eléctricos. Se recomienda el uso de zapatos de cuero con planta de goma.

Se debe evitar el uso de abarcas, sandalias o trabajar con los pies descalzos. El operador usa determinados equipos y herramientas, que lo protegen contra accidentes eléctricos y otras causas, el nivel de protección se clasifican según la tabla XVIII Los principales equipos protección son:

- Cascos de seguridad.
- Guantes de goma.
- Guantes de labor.
- Mantas de goma, mangueras y protectores de aisladores.
- Varillas aislantes (pértigas).
- Equipos de puesta a tierra.
- Cinturón de seguridad.

#### **2.7.1.1 Cuidados a elementos de protección personal**

Para el funcionamiento adecuado de los elementos de protección personal, se recomiendan los siguientes cuidados.

- No almacenar en el laboratorio de pruebas eléctricas.
- Chequeo neumático y eléctrico.
- Almacenamiento en lugares frescos y ventilados.

- Lavado con detergentes suaves.

### 2.7.2 Casco de seguridad

El operador debe usar casco de seguridad cuando se encuentre efectuando trabajos de operación y mantenimiento y en cualquier situación donde se corra riesgo de accidentes. Ninguna parte del casco deberá estar alterada retirada o combinada.

El casco de seguridad debe corresponder a la clase de resistencia eléctrica elevada figura 22. Cascos de seguridad son inyectados en polietileno de alta densidad, con ajuste a presión o tipo ratchet de cuatro o seis puntos de apoyo según norma ANSI Z89.1 Ed. 1997 Tipo I Clase E, G y C. Figura 37.

No usar el casco supondrá aplicación inmediata de sanciones disciplinarias.

Figura 37. Cascos de seguridad bajo normas ANSI a) tipo 1, b) tipo 2.



Protección para trabajos con línea viva, Huber. Página 7.

Resumiendo las clasificaciones tenemos la siguiente lista:

Tipo 1: Casco de seguridad con ala.

Tipo 2: Casco con seguridad con visera.

Clase A: Dan servicio de protección en riesgo de la industria y protección contra riesgos eléctricos no menor a 600V.

Clase B: Con las mismas funciones del casco clase A, pero con valor de protección contra riesgos eléctricos no menor a 20kv.

Clase C: Cascos de metal sin protección a riesgos eléctricos.

### **2.7.3 Guantes dieléctricos**

Cuando se debe hacer un trabajo en líneas energizadas, primero se debe conocer el voltaje, tanto del primario como del secundario y la dirección del flujo de energía, es decir cual es el lado de la fuente y cual es el lado del consumo. Esto permitirá seleccionar el equipo protector adecuado. La clasificación para el nivel de protección esta en la tabla XIX.

Los guantes de goma utilizados para este caso son de goma flexible de 14” (14 pulgadas) de largo y aprobados para trabajar en líneas energizadas figura 38. El guante de goma cubre el brazo hasta cerca del codo, de manera que el usuario puede usar la mano con entera libertad, pues esta se encuentra completamente protegida.

La empresa proporcionará los implementos necesarios para la protección de las extremidades superiores de los trabajadores para las diferentes labores que realizan. Los guantes dieléctricos deben cumplir con la norma IEC 903 “Specification for Gloves and Mitts of Insulating Material for Live Working” tomando en cuenta además, según el caso, lo siguiente:

- a) Para los trabajos de acarreo de materiales diversos, de mecánica pesada de manejo de piezas o materiales punzo cortantes, abrasivos y otros, se empleará guantes de cuero resistentes y reforzados.
- b) En los trabajos en líneas o equipos eléctricos o para las maniobras con electricidad, se empleará guantes dieléctricos en buen estado que lleven marcado en forma indeleble el voltaje máximo para el que han sido fabricados.
- c) En los trabajos de soldadura eléctrica o autógena, se empleará guantes de mangas de cuero al cromo o equivalente.

Figura 38. Guantes dieléctricos. Norma IEC 903



Protección para trabajos con línea viva, Huber. Página 22.

Tabla XIX. Clasificación del nivel de protección para guantes dieléctricos.

<b>Clase</b>	<b>Tensión de ensayo CA/CC</b>	<b>Tensión Max. De servicio CA/CC</b>	<b>Color Asignado</b>
OO	2500/10000	500/750	Beige
O	5000/20000	1000/1500	Rojo
1	10000/40000	7500/11250	Blanco
2	20000/50000	17000/25500	Amarillo
3	300000/60000	26500/39750	Verde
4	40000/70000	36000/54000	Naranja

Fuente: Rotulación según ASTM. Norma IEC 903.

#### 2.7.4 Mangas dieléctricas

Figura 39. Mangas dieléctricas.



Protección para trabajos con línea viva, Huber. Página 19.

Se utilizan en conjunto con los guantes dieléctrico, para una protección completa del linero. Figura 39. Las mangas al igual que los guantes son fabricadas en caucho y son un complemento de los mismos ya que son empleadas para proteger el brazo, codo y el hombro del operario. Su clasificación utilizan las mismas tablas con la cual se clasifica a los guantes dieléctricos. Tabla XIX.

### **2.7.5 Zapatos aislantes**

Es de suma importancia que el linero utilice calzado aislantes, para evitar cualquier accidente, cuando trabaje en líneas vivas figura 40. La empresa proporcionará a sus trabajadores, calzado de protección para las diferentes labores que se realizan, entre ellas para protegerlos, según sea el caso, contra:

- a) Choques eléctricos: se empleará calzados dieléctricos y no deberán tener ninguna parte metálica.
- b) Impactos, aplastamientos y golpes: se usará calzados con puntera de fibra de vidrio para la protección de los dedos.
- c) La humedad y el agua: se empleará botas de jebe de media caña y caña completa.
- d) Líquidos corrosivos o químicos: se emplearán calzados de neoprene para ácidos, grasas, gasolina, entre otros; o similar. Zapatillas, sandalias y otros zapatos no son tolerados en áreas de trabajo.

Botines de seguridad de la figura 38 no conductores de puntera dura, cumplen con las Especificaciones ANSI Z41 para calzado conductivo con puntera de seguridad. Se fabrican, en base a una especificación, con menos de 10.000 Ohms desde el tope de la banda de la pernera al tacón de la bota. Cada bota es inspeccionada y probada en un 100% como parte del proceso de fabricación.

Figura 40. Zapatos aislados. Bajo norma ANSI Z41.



Protección para trabajos con línea viva, Huber. Página 19.

### 2.7.6 Gafas con filtro uv

Se utilizan para evitar daños en los ojos contra la radiación uv, presente en los trabajos con líneas vivas figura 41. Deben usarse anteojos de seguridad en áreas en mantenimiento y de maestranza, excepto en zonas donde no existan riesgos para la vista por impacto de partículas volantes, salpicadura de líquidos o polvos, o por energía radiante.

Figura 41. Gafas con filtro uv.



Protección para trabajos con línea viva, Huber. Página 12.

Las monturas serán indeformables al calor, cómodas y de diseño anatómico sin perjuicio de su resistencia y eficacia. Este equipo de protección esta normado por las normas ANSI Z87.1+, esta norma regula la calidad y seguridad de estos lentes para el personal que utiliza este equipo de protección. En la figura 42 se muestra a un liniero usando todo el equipo antes descrito.

Figura 42. Liniero usando equipo personal para líneas vivas.



Protección para trabajos con línea viva, Huber. Página 14.

### **2.7.7 Guantes de labor**

Estos son guantes para uso general, generalmente están hechos de cuero u otro material resistente. Se usa para proteger las manos en el caso de la presencia de astillas de madera, manejo de herramientas, etc. Estos guantes no sirven para operar con líneas energizadas figura 43.

Figura 43. Guantes de labor.



Protección para trabajos con línea viva, Huber. Página 25.

### **2.7.8 Traje dieléctrico o conductor para trabajos con líneas vivas**

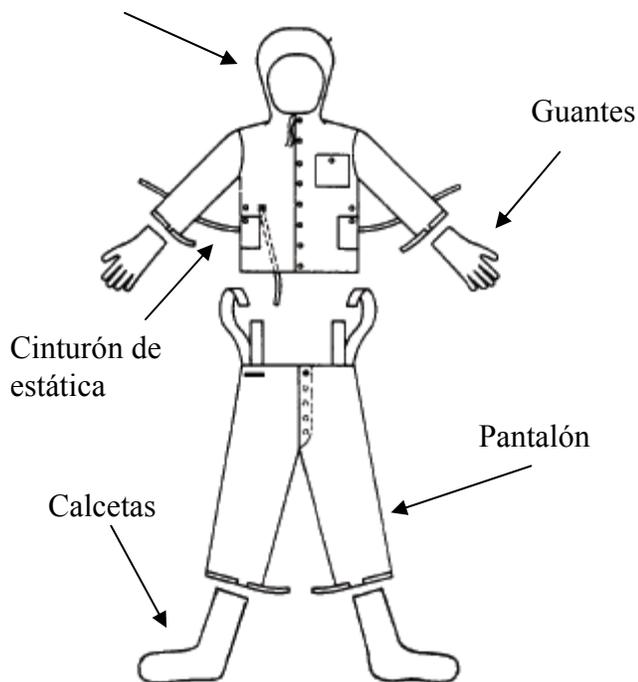
El traje protector es un equipo de protección del cuerpo para trabajar en instalaciones en tensión hasta 800 kv. Funciona como una jaula de Faraday y protege a la persona que lo lleva frente a campos eléctricos intensos y corrientes peligrosas que puedan fluir por su cuerpo. El traje cumple los requerimientos de la IEC/EN 60895. Figura 44.

Este traje conductivo de dos piezas, para trabajar con tensiones de hasta 765 kV, está hecho de una mezcla de fibra aramídica nomex resistente a las llamas y fibras microscópicas de acero inoxidable. Se le aplica una capa de zepel para repeler el agua. Las pruebas y análisis demuestran que el material:

- Es sumamente fuerte y resistente a las rasgaduras.
- Cumple o excede la Especificación IEC 895 para ropa conductiva.
- No se degrada con el tiempo ni el número de lavados.

Figura 44. Traje dieléctrico o conductivo.

Capucha con cierre a cuerda, suficientemente grande para usar sobre el casco de seguridad.



Trajes conductivos bajo norma IEC 895. Huber, Página 30.

### 2.7.9 Equipo de señalización y comunicación

Entre este equipo se pueden mencionar los siguientes, Radio portátil, extintor de dióxido de carbono, cinta replegable de señalización, conos de seguridad.

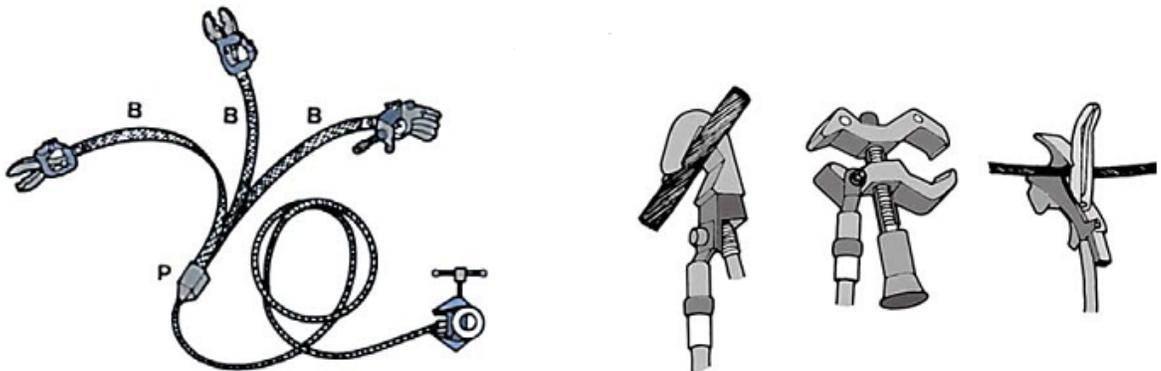
### 2.7.10 Varillas aislantes

Estas varillas se usan para abrir y cerrar seccionadores fusibles, cuchillas, cajas fusibles y en general desconectores. Estas varillas pueden ser flexibles, telescópicas o desmontables para soportar flexiones en la operación y la cualidad aislante de soportar 75000 Voltios por cada pie de varilla.

### 2.7.11 Equipo de puesta a tierra

Este equipo consiste en 3 conductores de tamaño adecuado y aislado, unidos los tres por un extremo en una sola pieza y los otros extremos “B” con un gancho de resorte para conectar a las líneas. Del punto de unión P, sale un conductor que se conecta a tierra. El objetivo de este equipo es el de poner las líneas en corto circuito y conectarlas a tierra. El equipo viene provisto de 3 varillas aisladas de 6 pies de largo y con las cuales se conecta la grapa de las líneas figura 45.

Figura 45. Cables de puesta a tierra.



Puesta a tierra para trabajos con línea eléctricas, Huber. Página 15

Este equipo se instala para.

- Estar seguro de que la línea esta desenergizada.
- Evitar que la línea se energice accidentalmente y cause un accidente fatal.
- Descarga a tierra cualquier carga por inducción que ocurra en la línea.

El equipo de tierra se instala en la parte próxima al sitio donde se va a trabajar y siempre del lado donde existe la posibilidad de que se produzca un retorno de la corriente. A veces es muy conveniente instalar las tierras en ambos lados donde se va a trabajar.

Para instalar el equipo de puesta a tierra se debe atender el siguiente procedimiento:

- a) Conectar el cable de tierra a una tierra efectiva.
- b) Acercar su varilla aislada a los conductores de la línea cuidadosamente y escuchar la ausencia o presencia del zumbido característico de una línea energizada.
- c) Si no hay zumbido se procede a conectar los otros tres cables a los conductores de la línea.

Para retirar el cable de tierra, primero se procede a retirar los cables de la línea y al final el cable de tierra.

### **2.7.12 Cinturón y correa de seguridad**

Son los elementos más importantes para el trabajo en poste, tienen la función de sostener al operador cuando está trabajando sobre el poste. Están contruidos de cuero flexible y de una sola pieza. Las hebillas, anillas y ganchos se construyen de acero especialmente tratado.

Todo trabajo que se realice a una altura igual o superior a 1.80 metros deberá ser realizado con el uso de arnés de seguridad con línea de vida para protección de caídas. No usar arnés de seguridad, equivale a una violación grave del reglamento.

Estos deben ser usados y enganchados siempre que se trabaje en:

- Cualquier situación que implique riesgo de caídas.
- Techos inclinados.
- Techos planos sin barandas de 1.8 metros de altura a más.
- Cualquier plataforma suspendida.
- Cualquier andamio con piso o barandas incompletos.
- Escaleras cerca del borde de tejados y pisos abiertos.
- Al remover tablonés del piso panel en pisos temporales.

No será permitido el uso de correa de posicionamiento 100% de cuero, ni cuerdas o sogas de material orgánico. Las partes metálicas serán de una sola pieza y resistencia superior a la correa.

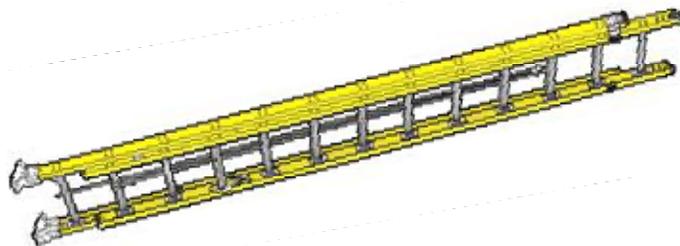
Se inspeccionará siempre el arnés antes de su uso. Cuando tengan cortes, grietas, o deshilachadas, que comprometen su resistencia, serán descartados. Estarán provistos de anillos por donde pasará la cuerda salvavidas y aquellas no deberán estar sujetas por medio de remaches.

## **2.8 Equipo para trabajos en partes elevadas en líneas vivas**

### **2.8.1 Escaleras aisladas**

La escalera simple o de extensión es la más utilizada para el trabajo sobre poste. En cuanto al tamaño la escalera debe ser como mínimo medio metro menor y como máximo puede ser dos metros mayor que el punto a alcanzar. Se debe tomar en cuenta que no se deben utilizar los dos últimos peldaños de la escalera cuando se ejecutan los trabajos.

Figura 46. Escalera para trabajos en líneas vivas.



Escaleras para trabajos con línea viva, Huber. Página 24

Para su correcta colocación se deben considerar los puntos de apoyo inferior y superior. Apoyo en base, el apoyo en base debe realizarse sobre una superficie horizontal. En caso contrario debe procederse a nivelar la superficie. La superficie de apoyo debe ser firme. En caso contrario debe procederse a colocar una base que reparta la carga en el suelo figura 46.

El apoyo en cabeza debe realizarse sobre una superficie firme con los dos largueros, y nunca con el peldaño. Es peligroso apoyar sobre: árboles, tejas o conductores, solo puede haber un trabajador sobre una escalera y una carga adicional de 25 Kg. como máximo.

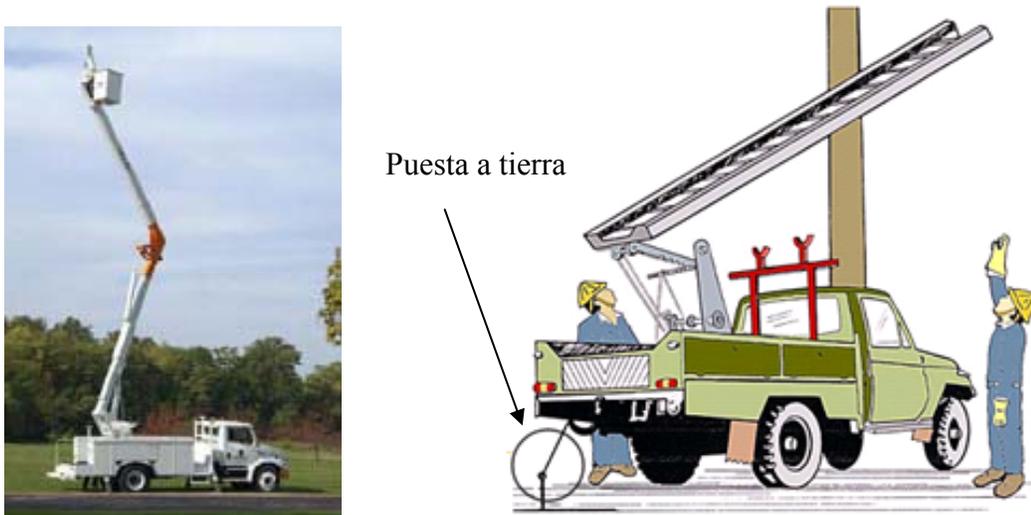
### **2.8.2 Trepaderas**

Es el equipo más utilizado para escalar postes en el área rural, es de fácil traslado pero su utilización requiere de mucha práctica. Están construidas de acero y tienen forma de media luna provista de un dispositivo que permite asegurar en los zapatos del operador al poste donde se encuentra. Estos dispositivos son comúnmente llamados “garras”.

### 2.8.3 Vehículos tipo grúa con canasta

Cuando se utiliza un vehículo para ejecutar un trabajo cerca de un sistema energizado, el vehículo debe ser aterrizado sólidamente. Lo anterior se realiza para protección del personal que se encuentre dentro de la canasta del vehículo y del personal esta maniobrando el vehículo, contra cualquier posible accidente que se presente en el área de trabajo figura 47.

Figura 47. Vehículo con puesta a tierra.



Vehículos para trabajos con línea viva. Página 21

Todos los vehículos que transiten por las instalaciones de del trabajo deberán estar en buen estado de funcionamiento, de manera tal, que permita al conductor maniobrar con seguridad durante su operación, no constituyendo peligro para éste, para los ocupantes del vehículo, para otros usuarios de la vía y peatones.

- a) Estar en perfectas condiciones mecánicas y operacionales.
- b) Contar con cartilla de mantenimiento programada.

- c) Cumplir con toda la documentación legal, control de humos, entre otros.
- d) Contar con equipamiento de seguridad como: Extintor, botiquín de primeros auxilios, triángulo reflectivo, cinturón de seguridad, linterna, entre otros.
- e) Estar totalmente equipado con sus accesorios, de acuerdo al Reglamento Nacional de Tránsito.

#### **2.8.4 Plataformas**

Se usa para que el personal trabaje cómodamente, parado sobre ellas en forma segura junto a la estructura figura 48. Su uso es muy común en trabajo de línea viva que se realizan, en subestaciones debido a la comodidad que presenta para los linieros, generalmente el liniero utiliza el taje conductivo junto con las plataformas.

Figura 48. Plataformas para trabajos en líneas vivas.



Plataformas para trabajos con línea viva, Huber. Página 12.

## 2.9 Cobertores para trabajos en líneas vivas

Las cubiertas se usan cada vez más en todo tipo de tareas de mantenimiento en líneas de alta tensión. Casi todas las piezas individuales se pueden instalar con guantes de hule que cumplan con el aislamiento adecuado, desacuerdo al nivel de tensión de la línea, también tienen ojos para montarse mediante pértigas, entre otras normas para las cubiertas podemos referirnos a las que están incluidas en la tabla XVII.

Al utilizar cubiertas deben siempre seguirse reglas de sentido común. Estas reglas incluyen tener en cuenta los siguientes factores cuando se trabaja con cubiertas.

Tabla XX. Clasificación de aislamiento para cubiertas.

<b>Clase</b>	<b>Tensión de ensayo CA/CC</b>	<b>Tensión Max. De servicio CA/CC</b>	<b>Color Asignado</b>
OO	2500/10000	500/750	Beige
O	5000/20000	1000/1500	Rojo
1	10000/40000	7500/11250	Blanco
2	20000/50000	17000/25500	Amarillo
3	300000/60000	26500/39750	Verde
4	40000/70000	36000/54000	Naranja

Fuente: Rotulación para cubiertas según ASTM. F712

El nivel de aislamiento de las cubiertas presentadas en este trabajo, ha sido probado bajo ASTM F712, que clasifica a las cubiertas de manera similar a la clasificación de los guantes dieléctricos, esta clasificación se presenta en la siguiente tabla mediante colores y niveles de tensión.

Todas las cubiertas presentadas a continuación están clasificadas como clase 4 y tal como lo indica la tabla son de color anaranjado para ser utilizadas en líneas de 34.5kv sin ningún tipo de problema de aislamiento y seguridad para los linieros. Tabla XX.

### **1. Las cubiertas para conductor, aisladores, cortacircuitos y retenciones**

Tienen como finalidad impedir el roce accidental del personal con partes o equipos energizados. Los operarios no deben bajo ninguna circunstancia tocar a propósito las cubiertas, excepto con guantes de hule adecuados. Cada operario debe estar siempre alerta de su posición respecto a las cubiertas para evitar tocarlas accidentalmente.

### **2. Las cubiertas para postes, para crucetas, para extremo de crucetas y para punta de poste**

Tiene el fin de impedir el contacto accidental de conductores o alambres de amarre energizados con la superficie a tierra de postes o crucetas.

### **3. Manejo de las cubiertas**

Las cubiertas deben manejarse con cuidado para minimizar roturas o ralladuras y deben mantenerse limpias. El mantenimiento es tan importante en las cubiertas como en las herramientas para trabajo en línea viva.

Cada cubierta debe inspeccionarse bien antes de cada uso asegurando que no tenga grietas, ralladuras profundas o estrías o que esté sucia. Se debe limpiar con un trapo y si éste no quita toda la suciedad deberá usarse agua jabonosa.

Las cubiertas de polietileno pueden limpiarse con el solvente limpiador, podemos mencionar por ejemplo el solvente Moisture-EaterII de la empresa Chance, Precaución: debe evitarse el uso de solventes a menos que el usuario pueda determinar que el material de la cubierta particular es polietileno.

#### **4. Uso temporal de las cubiertas**

Las cubiertas están diseñadas para ser lo más liviano y fácil de usar posible, así que no se construyen con materiales capaces de resistir períodos prolongados de esfuerzo eléctrico. Las cubiertas no deben instalarse por períodos prolongados, especialmente si están en contacto con una superficie energizada y una superficie posiblemente puesta a tierra. Esta situación se agrava mucho en tiempo húmedo o lluvioso, cuando la superficie de las cubiertas se ha ensuciado, etc. Por ello las cubiertas deben en lo posible quitarse al finalizar la jornada de trabajo.

#### **5. Precauciones cuando se trabaja con cubiertas**

Las cubiertas están diseñadas por necesidad, para que su aplicación sea lo mas universal posible, estas y otras posibilidades de contactos si existen y quienes utilizan este equipo deben estar conscientes de ellas y considerarlas antes de cada aplicación del equipo. Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar estos contactos. Las cubiertas no tienen, bajo circunstancia alguna, el objeto de impedir el contacto de equipamiento mecánico con superficies puestas a tierra o energizadas, por lo tanto es posible por ejemplo.

- Que un alambre de amarre toque un perno u otra parte potencialmente puesta a tierra.
- Que la mano de una persona toque el conductor a través de una abertura en el equipo.

- Que otra parte del cuerpo de una persona o algún otro elemento de trabajo toque el conductor a través de una apertura en el equipo o en cercanías de empalmes entre piezas de cubiertas

### **2.9.1 Juegos de puentes aislados**

Las grapas aisladas para puentes se utilizan para realizar desvíos by-pass de cables en las áreas de trabajo donde se hace mantenimiento de equipos, mejoras en la línea y reparaciones temporales o de emergencia. Todos los puentes aislados deben cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM. Según sea el voltaje al que este diseñada.

Prearmados para las tensiones de distribución más comunes, existen en variedad de tamaños de cables para escoger. Según el cable elegido, la corriente nominal máxima permanente variará desde 200 hasta 400 amperes figura 49.

Figura 49. Puentes aislados.



Puentes aislados para trabajos con línea viva, Huber. Página 4

## 2.9.2 Cubiertas para cortacircuitos

Figura 50. Cubierta para cortacircuito, Grip-All, Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 3.

Esta cubierta ayuda a proteger a los linieros, que trabajan cerca de casi todo tipo de cortacircuitos abiertos existen para diferentes tipos de voltajes, en este caso la cubierta esta clasificada con un nivel de aislamiento clase 4, apoyándonos en la tabla XX, podemos ver que se puede utilizar en líneas de 34.5kv sin ningún problema, no cabe sobre seccionadores con palancas de corte o dispositivos similares, por lo cual se debe utilizar únicamente en cortacircuitos, figura 50.

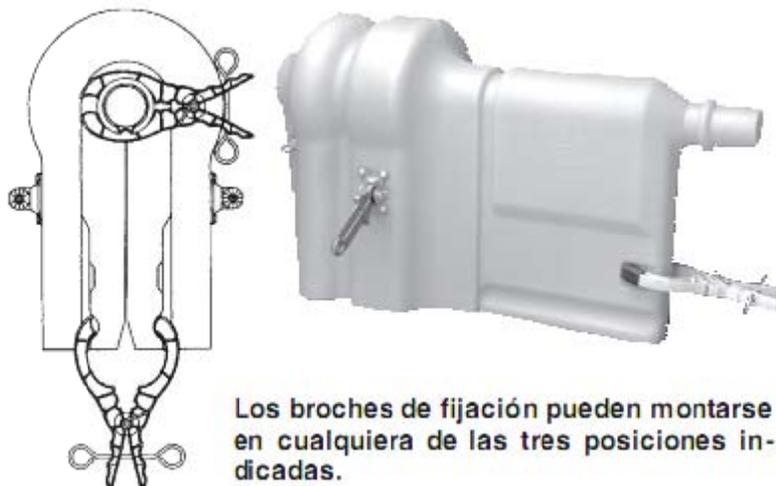
Se instala sobre el cortacircuito y se coloca un pasador de cierre detrás del aislador del mismo, sobre el soporte de colgar, a un ojo en el lado opuesto de la cubierta. Los ojos en la cubierta y el pasador permiten su instalación con pértigas escopeta Grip-All. Esta cubierta es de plástico ABS anaranjado de gran resistencia al impacto. Varias cubiertas pueden acomodarse una dentro de otra para ahorrar espacio en el vehículo donde se transportan.

### 2.9.3 Cubiertas para remates

Esta cubierta está hecha con polietileno lineal, esta clasificada con un nivel de aislamiento clase 4, para trabajar con líneas de 34.5kv, generalmente de color anaranjado.

Está diseñada para cubrir hasta un máximo de dos aisladores de remate de diferentes medidas en pulgadas de diámetro. El extremo de la cubierta se une a mangueras de hule o cubiertas de conductor para así prolongar el área protegida figura 51.

Figura 51. Cubierta para remates, nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 3.

La cubierta dividida se ajusta fácilmente sobre el conductor y los aisladores y puede engraparse firmemente con el broche grande para trabajo en línea viva, similar al que se usa para asegurar las mantas de hule. La cubierta puede instalarse con una pértiga Grip-All mediante el adaptador incluido, o mediante el uso de mangas y guantes de hule dieléctricos si los procedimientos de seguridad de la empresa lo permiten.

## 2.9.4 Cubiertas para conductor y aislador

Figura 52. Cubierta para conductores, nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 4.

Estas cubiertas constituyen un sistema versátil para cubrir una gran variedad de tipos constructivos en sistemas de distribución. Esta clasificada con nivel de aislamiento clase 4 para trabajos con líneas de 35.5kv. Las unidades para conductor y aislador se unen para cubrir montajes con aisladores a perno o tipo "Line Post" y se pueden usar con la cubierta para remate. Los equipos virtualmente rodean las partes vivas y los herrajes para dar una mayor protección al liniero al trabajar con guantes de hule o pértigas. Las cubiertas de conductor y aislador pueden usarse en conjunto con la mayoría de las mangueras de hule para línea y cubiertas para aislador clase 34.5kV de las principales marcas figura 52.

Figura 53. Cubierta para aislador tipo pin, nivel de aislamiento clase 4.



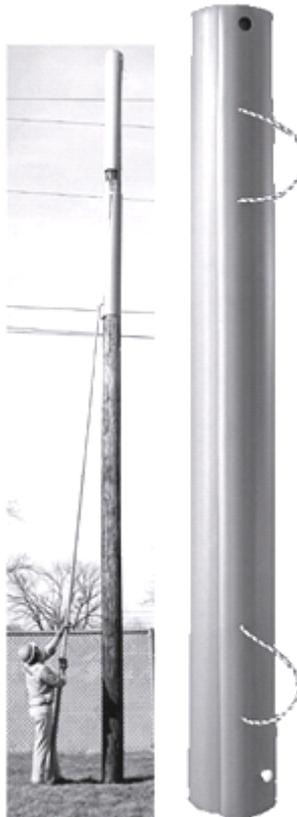
Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 4.

Las cubiertas para conductor y aislador están construidas con polietileno de alta densidad color naranja brillante. Las cubiertas para conductor tienen 5 pies de largo y se ofrecen con adaptador para instalar con pértiga Grip-All o sin adaptador para montar con guantes de hule. También se ofrecen con mangos de epoxiglas de 4 pies. Medida máxima del conductor: ACSR 666 kcmil figura 53.

Adaptables a varios tamaños de aisladores; se surten con adaptador para montar con pértigas Grip-All o sin adaptador para montar con guantes de hule dieléctricos.

### 2.9.5 Cubiertas para postes

Figura 54, Cubierta para postes. Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 7.

Estas cubiertas para poste se utilizan, para ayudar en la protección del personal al levantar o bajar un poste, entre líneas energizadas o para cubrir postes al realizar mantenimiento, con guantes de hule en espacios relativamente limitados. Las cubiertas son de polietileno lineal de alta rigidez dieléctrica y no produce llamas, esta clasificada para un nivel de tensión de 34.5kv clase 4, figura 54.

Este material se ablanda algo sin deformarse a aproximadamente 170°F (77°C) y resiste temperaturas tan bajas como -50°F (-45°C) sin volverse frágil. Todas las cubiertas para poste tienen nervaduras para reducir el contacto con el poste, minimizando la contaminación con creosota.

Un botón de nylon en las unidades de 4 y 6 pies de largo permite unir las cubiertas para cubrir longitudes mayores. Las asas de sogas facilitan la apertura de las cubiertas para colocarlas alrededor del poste; en este procedimiento se deberán usar guantes de hule dieléctricos. No se recomienda el contacto prolongado con conductores energizados.

### **2.9.6 Cubierta para conductor aislador y remate**

Figura 55. Cubierta para aislador y remate. Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 9.

Estas cubiertas constituyen un sistema versátil para cubrir una gran variedad de tipos constructivos en sistemas de distribución. Esta clasifica con nivel de aislamiento clase 4. Las unidades para conductor y aislador se unen para cubrir montajes con aisladores a perno o tipo "Line Post" y se pueden usar con la cubierta para remate. Los equipos virtualmente rodean las partes vivas y los herrajes para dar una mayor protección al liniero al trabajar con guantes de hule o pértigas. Cada pieza tiene un adaptador que permite su manejo desde cualquier posición con una pértiga para grapas Grip-All figura 55.

Todas las cubiertas tienen un espesor de pared uniforme de polietileno de alta densidad de color naranja brillante, con una excelente resistencia dieléctrica y a la perforación y buen comportamiento con temperaturas de entre -50° a 170°F (-45 a 77°C). Los estabilizadores ultravioleta incorporados al material ayudan a inhibir la degradación por exposición solar.

La cubierta para conductor tiene 5 pies de longitud. El borde inferior de la cubierta, con forma de V, facilita su instalación. Las cuatro nervaduras superiores dejan un espacio de aire entre el conductor y la cubierta y el conductor máximo admitido es ACSR 666 kcmil.

### **2.9.7 Cubierta para punta de poste**

Esta cubierta de plástico ABS anaranjado de alto impacto, se usa para evitar el contacto entre el alambre de amarre y el poste al atar o desatar el conductor del aislador ubicado en la punta. Esta clasificada con un nivel de aislamiento clase 4, adecuada para trabajos en líneas de 34.5kv. La cubierta admite postes con punta de hasta 10" de diámetro en montajes con simple o doble aislador a perno.

Figura 56. Cubierta para punta de postes. Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 11.

El largo máximo del perno es 16 pulgadas. La cubierta apoya sobre el tope del poste cubriendo 10 1/2 pulgadas de éste y 4 1/2 pulgadas del perno. Mediante el cordón elástico suministrado con la cubierta, ésta puede colocarse contra el aislador para cubrir al perno y el extremo del poste figura 56.

### 2.9.8 Cubierta para extremo de cruceta

Figura 57. Cubierta para extremos de cruceta. Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 14.

Se usa para cubrir el extremo de la cruceta para evitar su contacto con los alambres de los amarres durante la operación de atado y desatado. Esta clasificada con un nivel de aislamiento clase 4. Esta cubierta también ayuda a impedir el contacto de un liniero que trabaja con guantes de hule con un potencial a tierra mientras está en contacto con el conductor.

La cubierta cabe en el extremo de crucetas de hasta 5" x 6" con aisladores a perno o "Line Post". Está construida en plástico ABS anaranjado y se le pueden practicar ranuras en ambos lados para que puedan pasar los pernos de unión en crucetas dobles figura 57.

### **2.9.9 Cubiertas para aislador line post**

Figura 58. Cubierta para aislador tipo line post. Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 15.

Estas cubiertas son de plástico ABS de alto impacto y tienen hendiduras en ambos lados que forman un pasaje para el conductor figura 58. La parte inferior de la pieza, con forma de T, cubre los faldones de los aisladores; la parte horizontal cubre el conductor y los herrajes. La parte horizontal es acampanada en los extremos para encajar con las cubiertas en espiral para conductores.

La cubierta más grande puede usarse con aisladores tipo "line post" vertical u horizontal con amarre a tope o lateral, con aisladores de pedestal de epoxiglas o en montajes con doble aislador y en la punta de postes. No se aconsejan en instalaciones con guantes de hule dieléctricos por arriba de 34,5 kV.

### 2.9.10 CUBIERTA PARA CONDUCTOR Y AISLADOR.

Figura 59. Cubierta para conductor y aislador. Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 16.

Esta cubierta está hecha de polietileno de alta rigidez dieléctrica. Su superficie encerada es auto-limpiante y resiste los efectos de grasas y otros contaminantes. Clasificada con un nivel de aislamiento clase 4. Su color naranja brillante brinda una advertencia visible a quienes trabajan cerca de ella.

La cubierta para aislador y conductor está diseñada para ayudar a proteger al liniero mientras trabaja cerca de conductores energizados. Su nivel de aislamiento es de hasta 46kV y puede instalarse fácilmente con una pértiga escopeta Grip-All figura 59.

La cubierta para conductor abraza y cubre conductores de hasta 2" de diámetro. Mantiene en su interior una cámara de aire mediante un sistema de sostén especial. El conductor está sujeto a dicho sostén por un pasador oscilante que se abre y cierra mediante una pértiga.

La cubierta para aislador está diseñada para usar con dos cubiertas para conductor en aisladores de más de 13 kV. Cabe sobre el aislador y se asegura con una cubierta de conductor en cada extremo. Una soga de polipropileno se pasa por debajo de la cruceta y se engancha con una pértiga para impedir que un golpe o una ráfaga de viento levanten y saquen la cubierta.

### 2.9.11 Mantas aislantes

Figura 60. Mantas aislantes. Nivel de aislamiento clase 4. a) sin ranuras. b) con ranuras.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 18.

Las mantas flexibles ayudan a proteger a los operarios ante contactos accidentales con partes vivas durante las tareas de mantenimiento de línea. Esta clasificada con un nivel de aislamiento clase 4. Hechas de elastómero resistente al ozono y al efecto corona, Su formulación especial presenta una resistencia superior al envejecimiento y agrietamiento a largo plazo y mantiene su color naranja de gran visibilidad eléctricas.

Por su flexibilidad, las mantas de hule cubren muchas partes de forma irregular y normalmente se utilizan junto con las cubiertas para conductores flexibles o rígidas, sobre retenciones, crucetas, racks secundarios, aisladores a perno sobre la punta del poste y aparatos diversos figura 60.

Como son de clase 4 el más alto nivel en la industria y Tipo II resistentes al ozono, las mantas pueden usarse en instalaciones que requieran equipos de menor clase o tipo. Las mantas están diseñadas con ojales perimetrales para colocarles los botones existentes en el campo. El ojo central de diámetro 1,5" de las mantas ranuradas, se adaptan con facilidad a los herrajes más comunes.

### **2.9.12 Mangueras flexibles para líneas**

Figura 61. Mangueras flexibles para conductores. Nivel de aislamiento clase 4.



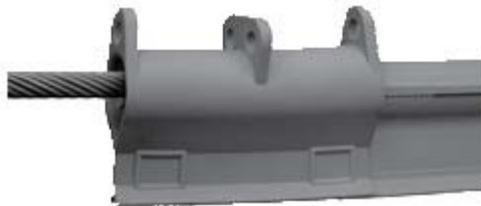
Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 19.

Las mangueras flexibles para línea de Chance son mucho más livianas que otras cubiertas dieléctricas y protegen a los linieros contra el contacto accidental con los conductores, tienen un nivel de aislamiento de clase 4, con elastómero termoplástico resistente al ozono y efecto corona, brindan un comportamiento excelente. No absorben el agua figura 61.

El borde exterior se levanta fácilmente para abrir y colocar en un conductor desde cualquier extremo. Al empujar en el otro extremo, la manguera completa se desliza sobre el conductor mientras el borde se cierra alrededor del mismo. Para quitar una sección de manguera, se abre uno de sus extremos y se la separa del conductor.

### **2.9.13 Mangueras flexibles de borde extendido para líneas**

Figura 62. Mangueras flexibles de borde extendido. Nivel de aislamiento clase 4.



Cubiertas para trabajos con línea viva, Manual Huber. Página 21.

Hasta 25 por ciento más liviana que otras cubiertas flexibles de nivel de aislamiento clase 4, la manguera para líneas protege a los operarios contra los contactos accidentales con conductores. El sistema de cubiertas de alta rigidez dieléctrica consiste en un empalme y tres longitudes comunes de manguera.

Esto permite unir mangueras para cubrir secciones rectas o flexionarlas para usar en curvas y ángulos. Se pueden cortar trozos de los largos normales para adaptar a derivaciones, puentes y alambres de longitud especial figura 62.

## **2.10 Primeros auxilios en trabajos en líneas vivas**

El choque eléctrico ocurre, para que la corriente eléctrica circule de existir un circuito cerrado o completo, normalmente la corriente circula por un conductor eléctrico, el choque eléctrico ocurre cuando el cuerpo humano hace contacto con este circuito, convirtiéndose en parte de él, la corriente entra al cuerpo por la parte que hace contacto y sale por la otra que le ofrece la mas baja resistencia.

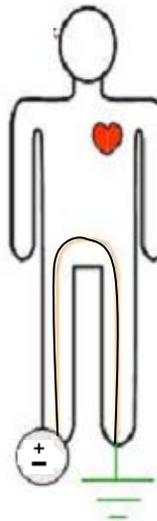
Cuando se trabaja en líneas vivas siempre existe un riesgo de accidentes por algún descuido del personal de campo, o mal estado de los equipos de protección existentes, si lamentablemente se llega a presentar algún accidente para el personal.

Se recomienda siempre llevar un botiquín de primeros auxilios para enfrentar este tipo de problemas, también es indispensable que el personal de campo, tenga conocimientos de primeros auxilios al momento de presentarse este tipo de accidentes.

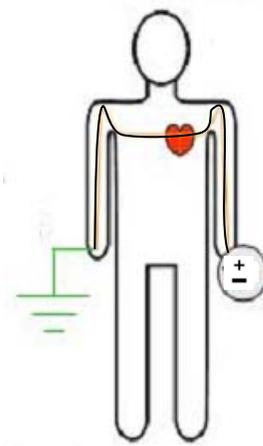
- a) Llamar inmediatamente al personal medico, que pueda atender estos accidentes de una manera profesional.
- b) Desenergizar el área donde ocurre el accidente y siempre utilizar un gancho aislado para rescate.
- c) Si no se puede desenergizar el área donde ocurre el accidente, se puede utilizar un gancho aislado para rescate.

En las siguientes figuras se ilustran las diferentes vías que puede tener la corriente en el cuerpo de un ser humano figura 63. Cuando por accidente toca líneas energizadas cuando se esta trabajando en líneas vivas.

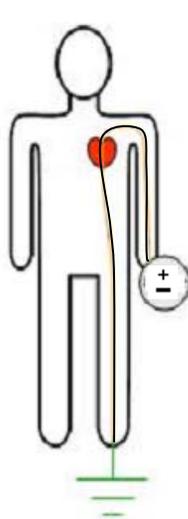
Figura 63. Trayectorias de la corriente en el cuerpo humano.



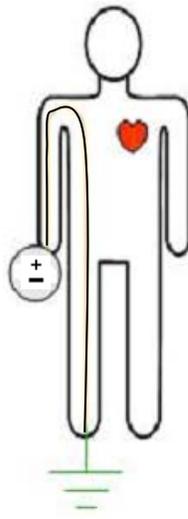
Potencial por los pies.



Potencial por las manos.



Potencial por las manos y pies.



Potencial por las manos y pies.

Riesgos en trabajos con electricidad, CFE página 69.

### **Si la víctima está consciente**

- a) Arrope a la víctima con sabanas anti fuego para extinguir las llamas.
- b) Mantenga a la víctima acostada boca arriba.
- c) Eleve las partes con quemaduras para evitar que se hinchen.
- d) Remueva las prendas apretadas como zapatos, cinturones.
- e) Cubra a las víctimas con cobijas o sabanas limpias. Las heridas deben cubrirse con gasas o sabanas muy limpias.

### **Si la víctima está inconsciente**

- a) Si la víctima esta inconsciente y no respira, entonces inicie con la aplicación de la respiración artificial.
- b) Si la víctima esta inconsciente y no tiene pulso, entonces inicie con la resucitación cardiopulmonar.

#### **2.10.1 Consideraciones especiales**

- a) Trate a la víctima con cuidado ya que puede tener fracturas óseas o de la columna vertebral.
- b) Mantenga la temperatura corporal, no administre ningún medicamento en la boca de la víctima.
- c) Si hay disponibilidad de oxígeno, debe administrarse en cantidades abundantes.
- d) Cuando pida ayuda, asigne a una persona especifica para hacer la llamada, de otro modo las personas asumen que alguien mas hizo esa llamada y esto repercute en el retardo de empezar los tratamientos de parte de los trabajadores de salud.



### **3. TÉCNICAS PARA TRABAJOS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN EN VIVO.**

#### **3.1 Introducción a las técnicas para trabajos en líneas vivas**

El trabajo en líneas vivas consiste en realizar una actividad sin tener que suspender la energía eléctrica, razón por la cual se deberá hacerla con los cinco sentidos en perfecto estado y con las debidas precauciones, no debe existir el exceso de confianza hay que hacerlo como si el trabajo se realizara por primera vez.

El trabajo en línea viva se realiza con una cuadrilla, que es un grupo de cuatro o cinco operarios, los cuales deben como se ha indicado en el capítulo anterior. Contar con criterios de selección físicos, psicológicos y técnicos, para efectuar este tipo de trabajos, se recuerdan los siguientes criterios de los trabajadores para líneas viva.

- presentar un alto grado de coordinación y habilidad manual.
- Ser personas de temperamento tranquilo.
- Además estos operarios son capacitados y entrenados para realizar este tipo de trabajo.

El mantenimiento en línea viva siempre se debe realizar en circuitos libres de fallas y en condiciones climáticas adecuadas, es decir, que el tiempo no indique posibles lluvias, el carro canastilla se debe encontrar perfectamente aislado y debe ser manipulado únicamente por el operario entrenado para realizar esta actividad.

El mantenimiento de líneas energizadas comenzó con el uso de los primeros bastones para operar seccionadores fusibles, las primeras herramientas hicieron su aparición en 1913, inicialmente eran rústicas y de fabricación casera, pero dieron origen a las actuales, más eficientes y mejor acabadas.

Las primeras herramientas se diseñaron para trabajar a 34 Kv, posteriormente se llegó a trabajar en línea energizada hasta 110 Kv, en el año de 1948, se cambiaron aisladores de suspensión en una línea de 287 Kv en los Ángeles California, en 1964 se usaban herramientas de epoxiglas en todas las líneas de los EEUU y Canadá.

### **3.1.1 Breve reseña histórica**

Los primeros trabajos con líneas vivas registrados fueron en países como Estados Unidos de América, siendo estos los siguientes.

1. 1913 Pértigas de madera para el cambio, de fusibles
2. 1918 Pértiga podadora y vara con cabeza.
3. 1916 Pértiga con conector (derivaciones), universal intercambiable.
4. 1945 Desarrollo de herramientas livianas.
5. 1957 Trabajos en líneas de 345 kv.

### **3.1.2 Uso de las técnicas en trabajos con líneas vivas**

Existen diferentes formas de trabajos en tensión de las que, se presenta el trabajo en líneas vivas, a continuación mencionamos algunas sin orden particular de prioridad y sin que la lista sea exhaustiva.

- Trabajos en tensión en líneas aéreas con todos sus métodos de trabajo utilizando herramientas y pértigas aislantes (trabajo a distancia), empleo de guantes aislantes o de goma (trabajo en contacto), trabajo a potencial, lavado de equipos bajo tensión y el uso de helicópteros.
- Trabajos de ensambladura de cables en el sector de baja tensión
- Pruebas de diagnóstico y verificación en instalaciones y equipos en tensión.
- Conexión de nuevas instalaciones a otras ya existentes bajo tensión.

- Instalación de contadores para alimentadores de baja tensión
- Trabajos en proveedores de tensión muy baja, p. ej. Baterías.
- Pruebas eléctricas (localización de fallos, diagnóstico, líneas de producción, verificación, etc.).
- Instalación, comprobación y mantenimiento de sistemas voltaicos.

Se debe enfatizar que esta lista no es completa ni contiene orden de prioridad. Cada uno de estos trabajos requiere de un nivel diferente de conocimientos, habilidades y experiencia, quiere decir que requiere competencia tanto por parte del trabajador que realiza los trabajos en tensión como por parte de los supervisores, ingenieros y dirigentes de las actividades en tensión.

Es necesario reconocer que algunos trabajos en tensión no representan peligro de choque eléctrico, tales como trabajos en el sector de muy baja tensión y en el caso de niveles limitados de energía, por ejemplo. Algunos sistemas electrónicos que funcionan con tensiones en el orden de 5 V los cuales son alimentados por transformadores aislados o por baterías de pequeña capacidad. Sin embargo las baterías con baja capacidad también pueden originar riesgos, como son arcos eléctricos provocados por cortocircuitos accidentales, los cuales deben ser considerados.

También existen otros sistemas en el sector de baja y muy baja tensión los cuales no son seguros, por ejemplo. Grandes baterías con 50V de tensión continua que generan intensidades de corriente de 10A hasta un múltiplo de 100A o grandes plantas electrolíticas. Que funcionan con 2 V y 100 000 A por lo que el surgimiento de un arco eléctrico durante los trabajos en tensión pudiera ser catastrófico.

Los trabajos con tensión serán ejecutados sólo por personal especialmente habilitado por la empresa para dicho fin. Esta habilitación será visada por el jefe del Servicio de Higiene y Seguridad de la empresa. Será otorgado cuando se certifiquen.

1. Conocimiento de la tarea, de los riesgos a que estará expuesto y de las disposiciones de seguridad.
2. Experiencia en trabajos de índole similar.
3. Consentimiento del operario de trabajar con tensión.
4. Aptitud física y mental para el trabajo.
5. Antecedentes de baja accidentabilidad.

### **3.1.3 Jerarquía del personal en trabajos en líneas vivas**

Es importante que las categorías de la jerarquía, del personal en trabajos en líneas vivas, sean conocidas por todas las personas involucradas en esta labor, Se proponen las siguientes categorías:

#### **3.1.3.1 Operador o liniero**

Generalmente un profesional, puede ser un técnico o un ingeniero con conocimientos, habilidades y experiencia en trabajos en tensión y que es capaz de cumplir los requerimientos físicos y prácticos que estos trabajos en tensión exigen. Es necesario asegurar en todos los tipos de trabajo en tensión que esta persona haya culminado satisfactoriamente el curso de capacitación adecuado.

Para aquellas personas que han concluido recientemente el curso de capacitación debe ser considerada y establecida una estrecha supervisión. Cuando estas personas adquieran mayor experiencia de trabajo esta estrecha supervisión puede ser reducida en forma adecuada.

### **3.1.3.2 Jefe de equipo**

Una persona con conocimientos, habilidades y experiencia general en trabajos en tensión que conduce y controla a un equipo de operadores como responsable o sea, una persona que conoce los riesgos del trabajo en tensión y comprende las limitaciones y posibilidades de las herramientas, a emplear. El campo de autoridad de esta persona se limita al personal con el cual esta laborando, o sea la cuadrilla de la cual es el jefe de equipo. Que generalmente es de cinco personas.

### **3.1.3.3 Experto o especialista**

Una persona con un grado superior de conocimientos, habilidades y experiencia en trabajos en tensión (esto no incluye necesariamente experiencias prácticas recientes de un trabajo en tensión determinado), el cual conoce las características técnicas y las limitaciones de las herramientas, equipos y aparatos y/o puede elaborar procedimientos de trabajo seguros, o puede asesorar, instruir y actuar como mentor de los jefes de equipos y otras personas.

### **3.1.3.4 Instructor o entrenador**

Una persona con las habilidades requeridas, conocimientos detallados y experiencia práctica capaz de instruir y entrenar al personal en todos los aspectos del trabajo en líneas vivas para la actividad de trabajo a realizar.

Los instructores deben ser estimados como competentes sobre la base de su experiencia anterior documentada en el respectivo campo de instrucción, la culminación satisfactoria de un programa de capacitación de instructores dedicado específicamente a los tópicos que ellos impartirán y una evaluación de la competencia instructora de cada uno.

La adecuada selección y la capacitación de los instructores o entrenadores es el elemento clave, para garantizar que los operadores que realizan trabajos en líneas vivas, adquieran la destreza necesaria que les permita realizar su trabajo competentemente. Si se pone en duda la competencia de un instructor o entrenador entonces se deduce necesariamente que los operadores tampoco alcanzarán la competencia.

Está reconocido generalmente que un instructor o entrenador de trabajos en líneas vivas debe cumplir los requerimientos mínimos siguientes:

- a) Haber concluido satisfactoriamente una formación reconocida en el sector de la electrotecnia o similar. Disponer de conocimientos esenciales sobre la materia concerniente incluyendo las actividades de mantenimiento donde sean oportunas. Esta formación debe incluir entrenamiento formal en trabajos en líneas vivas.
- b) Haber acumulado un período mínimo específico de experiencia de trabajo aplicado (esto varía en dependencia del país entre 4 y 7 años). Tiene que haber adquirido experiencia en la aplicación de los conocimientos esenciales en ese campo para poder enseñar los métodos y técnicas de trabajo.
- c) Haber concluido satisfactoriamente una instrucción formal en procesos de enseñanza. Debe estar capacitado en técnicas de instrucción.
- d) Poseer más de dos años de experiencia en la formación de aprendices en las técnicas equivalentes de trabajo sin tensión. Debe poseer también experiencia en la instrucción de practicantes en el sector en particular o en la actividad laboral antes de pasar a las técnicas de riesgo concernientes a los trabajos en tensión en ese sector o en la actividad laboral.

Existen algunas cualidades esenciales que un instructor o entrenador deben poseer, entre otras:

- **Conocimiento:** Un instructor o entrenador debe conocer, comprender y ser a su vez competente en el proceso de trabajo. Él debe tener conocimiento sobre otros contenidos relevantes del trabajo y ser capaz de responder con precisión todas las preguntas relacionadas con el trabajo en tensión. Él o ella debe desarrollar la habilidad de observar detalladamente las acciones de los aprendices y ofrecer una rápida corrección a los errores y una orientación sólida.
- **Paciencia:** La competencia se adquiere mediante las repetidas demostraciones de las técnicas y principios en diferentes situaciones. El instructor o entrenador debe desarrollar la habilidad de observar y conducir a los aprendices a una solución satisfactoria.
- **Comprensión:** Como la enseñanza de nuevos aprendices es estresante tanto para los alumnos como para el instructor o entrenador, éste debe poseer un temperamento calmado pero estricto. Los aprendices son sensibles a la rudeza, a la impaciencia o a la falta de simpatía. Si esto sucediera, ellos reaccionarán inmediata y desfavorablemente haciéndoselo notar al instructor o entrenador.
- **Consideración:** Casi todos de los aprendices comienzan la instrucción muy motivados y con interés positivo en aprender la técnica. Un instructor o entrenador que desde el principio actúa con consideración, y que fomenta la motivación durante el curso logrará resultados positivos.

- **Respeto:** Un instructor o entrenador debe hacerse respetar en todo momento. Sin embargo el respeto hay que ganárselo, un instructor o entrenador obtiene ese respeto tranquilamente y con dignidad demostrando su completo y profundo dominio del trabajo en líneas vivas.
- **Atención:** Hasta los practicantes más capaces pueden olvidar un punto vital durante el aprendizaje. El instructor o entrenador debe estar alerta ante esta posibilidad y corregir pacientemente el error cuando éste ocurra. El instructor o entrenador debe animar y motivar constantemente a los participantes mostrándoles una positiva reacción ante los progresos.
- **Actitud amable:** Ni la actitud agresiva ni condescendiente conducirá a un efecto positivo y no debe ser tolerada.
- **Estimulo:** El instructor o entrenador puede motivar a los practicantes convenciéndolos de que la buena práctica de trabajo y los altos estándares del trabajo en líneas vivas no son una ciencia mística.

Los sistemas de trabajos en líneas vivas han sido desarrollados para su aplicación fácil y simple utilizando métodos comprobados.

Una ejecución deficiente se debe normalmente a la falta de conocimiento o a la mala aplicación de los principios fundamentales por parte del practicante. El instructor o entrenador imparte sus conocimientos y ayuda a los participantes a desarrollar un esquema mental y una filosofía apropiados para ese proceso de trabajo.

#### **3.1.3.4.1 Conservación de la competencia**

A los instructores/entrenadores se les tiene que exigir que garanticen su competencia profesional, por ejemplo:

- Participando en programas de formación continua o de desarrollo profesional.
- Finalizando satisfactoriamente cursillos anuales de actualización.
- Realizando un control anual que debe incluir la observación de una de sus clases, el análisis de estas observaciones con el instructor o entrenador y la valoración de cada uno de los instructores o entrenadores.
- Apreciaciones de las clases, hechas por los participantes del curso impartido el año anterior.
- Mediante una combinación de las posiciones anteriores.

Mientras que la competencia individual puede ser verificada y valorada, la segura ejecución en conjunto de cualquier equipo dependerá de la competencia colectiva del mismo.

### **3.1.3.5 Jefe de los trabajos en línea viva**

Es la persona que dirige los trabajos en tensión y es responsable de que se mantengan los más altos estándares de seguridad y se empleen las mejores técnicas a través de toda la línea de elementos del sistema de dirección de los trabajos en líneas vivas. Deberá velar por la seguridad del personal y la integridad de los bienes y materiales que sean utilizados en el transcurso de una maniobra, operación o reparación.

Un sistema de dirección de trabajos en líneas vivas contiene las medidas de control y de seguridad que han sido dispuestas para garantizar la seguridad de los operadores que realizan trabajos en líneas vivas e incluye los elementos siguientes:

- Desarrollo de métodos de trabajo apropiados.
- Capacitación de elevada calidad.
- Control frecuente de los equipos

- Evaluación continua y perfeccionamiento de los operadores mediante auditorías de trabajo y cursos de actualización.

#### **3.1.3.5.1 Responsabilidades claves del jefe de los trabajos en líneas vivas**

- Mantener los más altos niveles de seguridad durante todos los trabajos.
- Es responsable de la instrucción en su conjunto y de la política de aprobación para la realización de los trabajos en tensión.
- Mantener y buscar continuamente el perfeccionamiento, junto con la evaluación de riesgos, de toda la documentación sobre los métodos reconocidos de trabajos en tensión.
- Control de la ejecución segura mediante la gestión de la función de auditoría de todos los equipos que realizan trabajos en tensión asegurando la conclusión de las acciones resultantes.
- Capacitación en trabajos en tensión: identificar la necesidad de capacitación, buscar ofertas de capacitación y evaluar continuamente su eficacia.
- Responsable de la política de control eléctrico y mecánico de las herramientas y equipamientos para trabajos en tensión.
- Evaluación y adquisición de las herramientas y equipamientos utilizados en los trabajos en tensión incluyendo el apropiado transporte de los mismos.
- Asegurar la aplicación continua de las normas, de la política de la empresa y de los procedimientos para cumplir con las exigencias legales.
- Promover la máxima aplicación de los métodos de trabajo en tensión y de los recursos.
- Investigación y desarrollo de nuevas posibilidades de trabajos en tensión para enfrentar las necesidades de la empresa.
- Mantenerse informado sobre los avances internacionales relacionados con los equipamientos y métodos de trabajos en tensión.

- Tener al día los conocimientos sobre las normas técnicas internacionales que se relacionen con los trabajos en tensión.
- Ofrecer un amplio servicio técnico.
- Gestionar los cambios.

#### **3.1.3.5.2 Condiciones que debe cumplir un jefe de trabajos en líneas vivas**

- **Dar prioridad a la seguridad:** En todos los trabajos la salud y la seguridad de los trabajadores son de suprema importancia.
- **Espíritu de innovación:** La propensión a desarrollar nuevos métodos y transformar las ideas en hechos.
- **Dar prioridad a las necesidades del cliente:** Concentrar los esfuerzos en la comprensión y la satisfacción de las necesidades de los dirigentes y de los miembros del equipo.
- **Relaciones personales:** Fomentar relaciones efectivas con los demás.
- **Prioridad técnica:** Demostrar credibilidad técnica en el área en que se desempeña junto con la comprensión de las exigencias técnicas de otras áreas aledañas.
- **Obtención de resultados:** Comprometerse a obtener resultados en tiempo y conforme a las normas mediante la fijación de metas y controles efectivos.

### **Generalidades del responsable o jefe de trabajo**

1. Antes de iniciar todo trabajo en líneas de media tensión se procederá a identificar el conductor o instalación sobre los que se debe trabajar.
2. Toda instalación será considerada bajo tensión, mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados al efecto.
3. No se emplearán escaleras metálicas, metros, aceiteras y otros elementos de material conductor en instalaciones con tensión.
4. Asegurarse antes de iniciar una trabajo en líneas vivas, el buen estado del material y de las herramientas destinadas a la ejecución del trabajo previsto.
5. Haber inspeccionado el estado de los elementos de seguridad personal provistos a cada operario.
6. Inspeccionar el estado de la instalación desde el punto de vista eléctrico y mecánico

### **3.1.4 Trabajos y maniobras en instalaciones de media tensión**

#### **Generalidades**

1. Todo trabajo o maniobra en media tensión deberá estar expresamente autorizado por el responsable del trabajo, quien dará las instrucciones referentes a las posiciones de seguridad y formas operativas.

2. Toda instalación de media tensión será siempre considerada como estando con tensión, hasta tanto se compruebe lo contrario con detectores apropiados y se coloque a tierra.
3. Cada equipo de trabajo deberá contar con el material de seguridad necesario para el tipo de tarea a efectuar, los equipos de salvamiento y un botiquín de primeros auxilios para el caso de accidentes. Todo el material de seguridad deberá verificarse visualmente antes de cada trabajo, además de las inspecciones periódicas que realice el personal del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Todo elemento que no resulte apto no podrá ser utilizado.

### **3.1.5 Ejecución y organización de trabajos en líneas vivas**

#### **3.1.5.1 Ejecución del trabajo**

Los mismos se deberán efectuar:

1. Con métodos de trabajo específicos, siguiendo las normas técnicas que se establecen en las instrucciones para este tipo de trabajo.
2. Con material de seguridad, equipo de trabajo y herramientas adecuadas.
3. Con autorización especial del profesional designado por la empresa, quien detallará expresamente el procedimiento a seguir en el trabajo.
4. Bajo control constante del responsable del trabajo.
5. En todo caso se prohibirá esta clase de trabajos a personal que no esté capacitado para tal fin.

### **3.1.5.2 Organización del trabajo**

La ejecución de todo trabajo en líneas vivas está subordinada a la aplicación de su procedimiento de ejecución, previamente estudiado. Todo procedimiento de ejecución debe comprender:

1. Generalmente se solicita un expediente que indique.
  - 1.1 La naturaleza de la instalación intervenida.
  - 1.2 La descripción precisa del trabajo.
  - 1.3 El método de trabajo.
2. Medios físicos (materiales y equipos de protección personal y colectiva) y recurso humano.
3. Descripción ordenada de las diferentes fases del trabajo, a nivel de operaciones concretas.
4. Croquis, dibujos o esquemas necesarios.

### **3.1.6 Procedimientos de ejecución**

1. Toda persona que deba intervenir en trabajos con líneas vivas, debe poseer una certificación que lo habilite para la ejecución de dichos trabajos, No se debe admitir la posibilidad de actuación de personal que no haya recibido formación especial y no esté habilitado para la realización de trabajos en tensión.

2. El jefe del trabajo dirigirá y vigilará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten a la seguridad y al terminar los trabajos, se asegurará de su buena ejecución y comunicará al centro de control para comunicar el final de los mismos.
3. El jefe del trabajo, una vez recibida la confirmación de haberse tomado las medidas precisas y antes de comenzar o reanudar el trabajo, debe reunir y exponer a los linieros el procedimiento de ejecución que se va a realizar, cerciorándose que ha sido perfectamente comprendido, que cada trabajador conoce su cometido y que cada uno se hace cargo de cómo se integra en la operación conjunta.
4. Todo liniero de línea viva, es decir, capacitado para trabajos en líneas vivas, debe practicarse exámenes para calificar su estructura ósea, ya que algunas lesiones lo pueden inhabilitar definitivamente para este trabajo; igualmente, se deben detectar deficiencias pulmonares, cardíacas o psicológicas. Enfermedades como la epilepsia, consumo de drogas y alcoholismo también deben ser detectadas por el médico.
5. Ningún operario podrá participar en un trabajo en líneas vivas si no dispone en la zona de trabajo de sus elementos de protección personal, que comprende, los siguientes elementos:
  - En todos los casos casco aislante de protección y guantes de protección.
  - En cada caso particular. los equipos previstos en los procedimientos de ejecución a utilizar serán, entre otros: Botas dieléctricas o calzado especial con suela conductora para los trabajos a potencial, dos pares de guantes aislantes del modo apropiado a los trabajos a realizar, gafas de protección contra rayos ultravioleta, manguitos aislantes, herramientas aislantes.

6. Cada operario debe cuidar de la conservación de su dotación personal, de acuerdo con las fichas técnicas, estas fichas son utilizadas por las empresas para llevar un control preciso del cuidado y uso de este tipo de equipo. Estos materiales y herramientas deben conservarse en seco, al abrigo de la intemperie y transportarse en fundas, estuches o compartimientos previstos para este uso. No deben sacarse de los mismos hasta el momento de su empleo.
7. Cuando se emplee el método de trabajo a contacto, los operarios llevarán guantes aislantes revestidos con guantes de protección mecánica y guantes de algodón en su interior.
8. Toda persona que pueda tocar a un operario, bien directamente o por medio de herramientas u otros objetos, deberá llevar botas y guantes aislantes.
9. Todo equipo de trabajo en línea viva debe ser sometido a ensayos periódicos de acuerdo con las normas técnicas o recomendaciones del fabricante. A cada elemento de trabajo debe abrirse y llenar una ficha técnica.
10. Los guantes aislantes deben ser sometidos a una prueba de porosidad por inyección de aire, antes de cada jornada de trabajo y debe hacerse un ensayo de rigidez dieléctrica en laboratorio, por lo menos dos veces al año.
11. Para las mangas, cubridores, protectores, mantas, pértigas, tensores, escaleras y demás equipo, se debe hacer por lo menos un ensayo de aislamiento al año.
12. Antes de trabajar en un conductor bajo tensión, el operario debe unirse eléctricamente al mismo para asegurar su equipotencialidad con el conductor.
13. Los vehículos deben ser sometidos a una inspección general y ensayos de aislamiento a las partes no conductoras, por lo menos una vez al año.

14. En el caso de presentarse lluvia o niebla, se pueden realizar los trabajos cuando la corriente de fuga por los elementos aislantes esté controlada y se mantenga por debajo de la tensión nominal de la instalación o en instalaciones de tensión inferior o igual a 34,5kV, cuando se presente lluvias fuertes o niebla, no se comenzará el trabajo, pero los que estén en curso de realización pueden terminarse. En caso de no realizar control de la corriente de fuga y si la tensión es superior a 36kV, estos trabajos deben ser interrumpidos inmediatamente.
15. En caso de tormentas eléctricas, los trabajos no deben comenzarse y de haberse iniciado se interrumpirán. Cuando las condiciones atmosféricas impliquen la interrupción del trabajo, se debe retirar al personal y se podrán dejar los dispositivos aislantes colocados hasta que las condiciones vuelvan a ser favorables.
16. Todo operario que trabaje a potencial debe llevar una protección tipo jaula de Faraday completa.
17. En trabajos a distancia, cuando no se coloquen dispositivos de protección que impidan todo contacto o arco eléctrico con un conductor desnudo en tensión y para tensiones menores o iguales a 220 kV, la mínima distancia de aproximación al conductor es 0,8 m cuando las cadenas de aisladores sean menores a 0,8 m y la distancia mínima será igual a la longitud de la cadena cuando esta es mayor a 0,8 m. Esta distancia puede reducirse a 0,60 m para la colocación de dispositivos aislantes cerca de los puntos de fijación de las cadenas de aisladores y de los aisladores en sus soportes. Se entiende por distancia mínima de aproximación la distancia entre un conductor y una parte cualquiera del cuerpo del operario estando éste situado en la posición de trabajo más desfavorable.

### **3.1.7 Ejecución de trabajos en proximidad de instalaciones de media tensión en servicio**

En caso de ser necesario efectuar trabajos en las proximidades inmediatas de conductores o aparatos de media tensión no protegidos, se realizarán atendiendo las instrucciones que para cada caso en particular dé el responsable del trabajo, el que se ocupará que sean constantemente mantenidas las medidas de seguridad por él fijadas.

Si las medidas de seguridad adoptadas no fueran suficientes, será necesario solicitar la correspondiente autorización para trabajar en la instalación de media tensión y complementar las normas de trabajos en instalaciones de media tensión.

### **3.1.8 Protección contra riesgos de contacto directos**

Para la protección de las personas contra contactos directos, se adoptará una o varias de las siguientes medidas:

#### **1. Protección por alejamiento**

Se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen para evitar un contacto fortuito. Se deberán tener en cuenta todos los movimientos de piezas conductoras no aisladas, desplazamientos y balanceo de la persona, caídas de herramientas y otras causas.

#### **2. Protección por aislamiento**

Las partes activas de la instalación, estarán recubiertas con aislamiento apropiado que conserve sus propiedades durante su vida útil y que limite la corriente de contacto.

### **3. Protección por medio de obstáculos**

Se interpondrán elementos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. La eficacia de los obstáculos deberá estar asegurada por su naturaleza, su extensión, su disposición, su resistencia mecánica y si fuera necesario, por su aislamiento. Se prohíbe prescindir de la protección por obstáculos, antes de haber puesto fuera de tensión las partes conductoras. Si existieran razones de fuerza mayor, se tomarán todas las medidas de seguridad de trabajo con tensión.

#### **3.1.9 Disposiciones complementarias**

##### **Líneas aéreas cercanas**

1. En los trabajos en líneas aéreas de diferentes tensiones, se considerará a efectos de las medidas de seguridad a observar, la tensión más elevada que soporte. Esto también será válido en el caso de que alguna de tales líneas sea telefónica.
2. En las líneas de dos o más circuitos, no se realizarán trabajos en uno de ellos estando los otros en tensión, si para su ejecución es necesario mover los conductores de forma que puedan entrar en contacto o acercarse exclusivamente.
3. En los trabajos a efectuar en los postes. se usarán además del casco protector con barbijo, trepadores y cinturones de seguridad. De emplearse escaleras para estos trabajos, serán de material aislante en todas sus partes.
4. Cuando en estos trabajos se empleen vehículos dotados de cabrestantes o grúas, se deberá evitar el contacto con las líneas extensión y la excesiva cercanía que pueda provocar una descarga a través del aire. .

### 3.2 Clasificación de las técnicas para trabajos en líneas vivas

Para el mantenimiento de redes de distribución en línea viva, existe un encargado de cuadrilla, el cual se encuentra en comunicación continua con la subestación que alimenta el circuito en el cual se está realizando el mantenimiento, con el fin de dar autorización de recierre en el circuito en caso de alguna falla.

Los operarios que realizan el trabajo en línea viva necesitan un equipo especial de protección personal como los guantes, mangas, casco, entre otros y para protección colectiva mantas, cubridores y el carro canasta, los cuales le quitan libertad de movimiento a los operarios, pero que son necesarios para su seguridad, manejan un color específico dependiendo el nivel de tensión en el cual se va a trabar de la siguiente manera en la tabla XXI.

Tabla XXI. Clasificación de colores del equipo de protección según el nivel de tensión.

<b>CLASIFICACIÓN DE COLORES PARA EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.</b>		
<b>COLOR</b>	<b>CLASE</b>	<b>TENSIÓN VOLTIOS.</b>
ROJO	0	5000
BLANCO	1	10000
AMARILLO	2	20000
VERDE	3	30000
NARANJA	4	40000

Fuente: Comisión Federal de electricidad. Página 45

Se distinguen cuatro métodos de trabajo, según la situación del operario respecto a las partes bajo tensión, según los medios que emplee para prevenir los riesgos de electrocución y de cortocircuito. Con referencia a estos métodos, se indica que los mismos pueden ser empleados independientemente uno del otro o combinados entre sí. Existen cuatro métodos en la actualidad para realizar trabajos en líneas vivas. Estas técnicas son.

- Técnica de contacto.
- Técnica de distancia.
- Técnica de potencial.
- Técnica Robótica.

### **3.2.1 Técnica de distancia**

#### **3.2.1.1 Principio básico**

En este método, el operario se mantiene separado de los conductores o de las partes a potencial, conservando las distancias de seguridad y ejecuta el trabajo con ayuda de herramientas montadas en el extremo de pértigas, cuerdas u otros elementos aislantes.

Esta técnica se basa en mantener a una distancia segura, de líneas de transmisión y equipos energizados, al liniero mientras procede a realizar los diferentes trabajos programados bajo esta técnica.

En la tabla XXII se presentan las distancias mínimas para trabajos en líneas vivas, cuando se utiliza la técnica de distancia. El liniero debe tener un conocimiento exacto de estas distancias, para evitar cualquier accidente debido a violar estas distancias de seguridad.

Tabla XXII. Distancia mínimas para trabajos en línea viva.

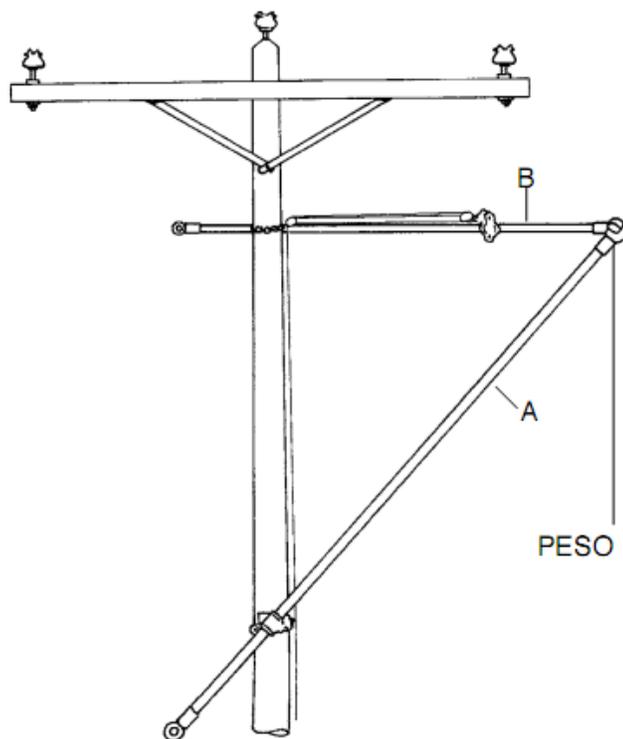
<b>DISTANCIAS MÍNIMAS PARA TRABAJO EN LÍNEA VIVA</b>				
<b>Tensión nominal en kilovolts entre fases</b>	<b>Distancia</b>			
	<b>Exposición entre fase y tierra</b>		<b>Exposición entre fase y fase</b>	
	<b>(pies-pulg)</b>	<b>(m)</b>	<b>(pies-pulg)</b>	<b>(m)</b>
0.05 a 1.0				
1.1 a 15.0	2-1	0.64	2-2	0.66
15.1 a 36.0	2-4	0.72	2-7	0.77
36.1 a 46.0	2-7	0.77	2-10	0.85
46.0 a 72.6	3-0	0.90	3-6	1.05
72.6 a 121	3-2	0.95	4-3	1.29
138 a 145	3-7	1.09	4-11	1.50
161 a 169	4-0	1.22	5-8	1.71
230 a 242	5-3	1.59	7-6	2.27
345 a 362	8-6	2.59	12-6	3.80
500 a 550	11-3	3.42	18-1	5.50
765 a 800	14-11	4.53	26-0	7.91

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Como se puede observar en las fotografías que se presentan de la técnica de trabajo en líneas vivas a distancia, las pértigas juegan un papel muy importante en este método, ya que las líneas energizadas se separan de la estructura y por lo tanto del liniero por medio de pértigas.

Estas distancias tienen en cuenta la mayor tensión de impulso de maniobra a la cual puede estar expuesta una persona en cualquier sistema en el cual el medio aislante sea el aire y a la mayor tensión indicada en la tabla XXII.

Figura 64. Ilustración de una de las opciones para colocar las pértigas de soporte de conductor en la técnica de distancia.

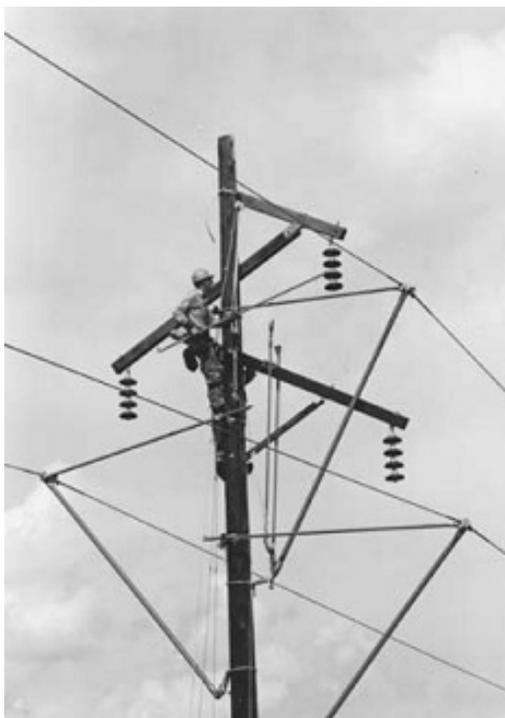


Pértigas de soporte para línea viva, Hubbell. Página 13.

La distancia de cualquier parte del cuerpo del operario a la línea debe ser igual o mayor a los valores indicados. Siempre hay que evitar el contacto directo con la línea viva.

En la figura 64, se observa como se utilizan las pértigas soporte de conductor, en la técnica de trabajos en líneas vivas, estas pértigas se utilizan normalmente en todas aquellas aplicaciones donde es necesario correr y mantener los conductores energizados fuera del área de trabajo, en líneas aéreas configuradas con crucetas planas y/o con aisladores a perno, estructuras con aisladores tipo "line post" horizontales, líneas con aisladores de suspensión, como apoyos de brazos auxiliares y en construcciones de EHV (Extra Alta Tensión) como guías para el posicionamiento de postes, apoyos o escaleras.

Figura 65. Pértigas de soporte de conductor en técnica de distancia.

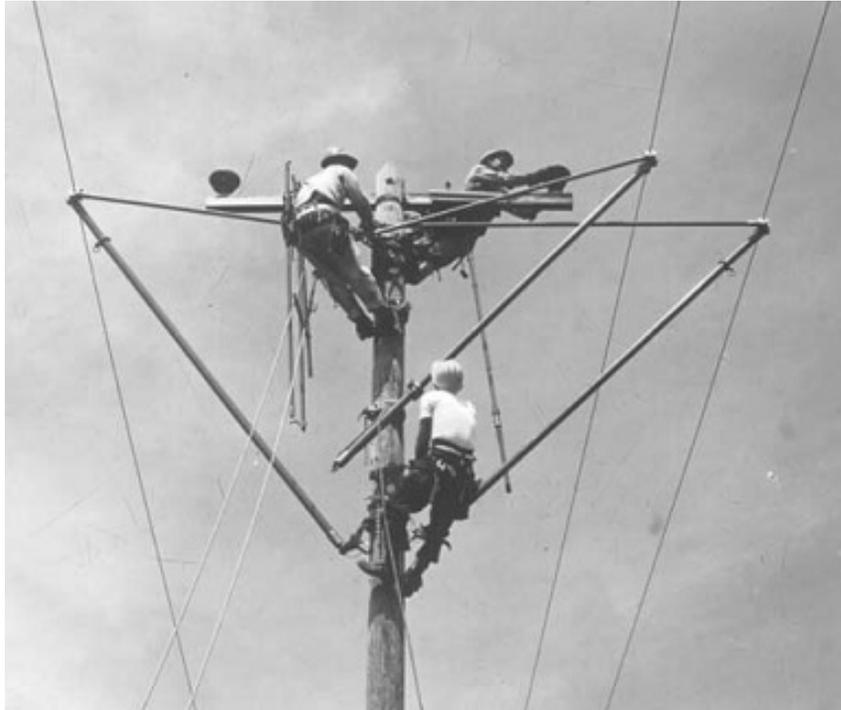


Pértigas de soporte para línea viva, Hubbell. Página 14.

Cuando se ha procedido a separar mediante las pértigas los conductores, el liniero puede sin ningún problema, proceder a realizar los trabajos programados, sin equipo de protección especial contra líneas vivas figura 65.

En la figura 66 presentada se observa que el liniero esta procediendo a cambiar el aislador de pin, que previamente mediante la inspección de línea realizada, el inspector que realizo lo inspección de la línea llevo a la conclusión, que este aislador se encuentra dañado, haciendo necesario el cambio de este aislador de pin ya que de lo contrario podría generar una falla a tierra, que afectaría el sistema de distribución en un futuro cercano.

Figura 66. Cambio de aislador de pin con técnica de distancia.



CHANCE, Manual para el mantenimiento de líneas vivas. Página 18.

Cuando no se apliquen dispositivos de protección que eviten todo riesgo de contacto o arco con una pieza a un potencial distinto del trabajador, las distancias mínimas de aproximación a respetar serán las fijadas en la tabla XIV.

### **3.2.1.2 Ventaja de la técnica de distancia**

La técnica de distancia, como se menciona anteriormente, No necesita equipo de protección especial, para los linieros que están trabajando bajo este método ya que nunca van ha estar en contacto directo con los cables y equipo energizado, pudiendo entonces trabajar como lo hacen de manera habitual en líneas sin tensión, utilizando únicamente el equipo personal de liniero. Resumiendo esta de la siguiente manera.

- El personal que realiza estos trabajos, no necesita equipo especial para trabajos en línea viva.
- El personal puede trabajar en la estructura como lo hace normalmente en líneas sin tensión.
- El servicio eléctrico no se ve afectado en su continuidad.
- El personal nunca va ha esta en contacto directo con las líneas y equipo con tensión.
- Es una técnica segura para realizar trabajo en línea viva.

### **3.2.1.3 Desventaja de la técnica de distancia**

#### **Mayor cansancio físico**

Este cansancio se presenta debido a que en un inicio el personal deberá apartar los cables con tensión, a una distancia segura lo cual implica que el personal desarrolle maniobras físicas, que representan cansancio físico extra al final del trabajo.

#### **Alto nivel de precisión**

Este método requiere de una precisión alta debido a que el personal trabajara alejado de los conductores y equipos con tensión, por lo cual debe de tener siempre en cuenta las distancias mínimas que debe de guardar para no sufrir accidentes fatales.

También debe de existir una coordinación y comunicación con sus compañeros de trabajo. Cuando se realicen maniobras en la estructura.

### **3.2.1.4 Recomendación para la conformación de cuadrillas Para la técnica de distancia**

La conformación siguiente es una recomendación que se da para las cuadrillas en la técnica de distancia, para el buen desarrollo de los trabajos en líneas vivas.

- Cinco linieros.
- Dos ayudantes.
- Un conductor.

### **3.2.1.5 Aplicación de la técnica de distancia**

Este método se utiliza exitosamente en.

- Redes de baja tensión.
- Redes de media tensión de distribución.
- Redes de alta tensión de transmisión.

## **3.2.2 Técnica de contacto**

### **3.2.2.1 Principio básico**

En este método se cubren todas las partes de las estructura, con los cobertores descritos en capítulo 2, Todos los linieros que trabajaran en estas estructuras deberá de llevar, el equipo personal para trabajos en líneas vivas, se cubrirán todos los puntos posibles de contacto con la red energizada en el área de trabajo. Como se muestra en la siguiente figura 67.

Figura 67. Colocación de cobertores para la técnica de contacto.



CHANCE, Manual para el mantenimiento de líneas vivas. Página 20

Todos estos cobertores los coloca el mismo liniero utilizando para esto pértigas y de manera manual en unos componentes, después de estar todas las partes vivas cubiertas con sus respectivos cobertores, el liniero procederá a realizar los trabajos programados, utilizando sus propias manos con sus respectivas protecciones figura 68.

Figura 68. Linieros utilizando la técnica de contacto.



CHANCE, Manual para el mantenimiento de líneas vivas. Página 23

Generalmente se utiliza un vehículo tipo grúa con canasta para la elaboración de los trabajos, como se observa en la figura 69, en lugares donde no es posible utilizar estos vehículos se utilizaran escaleras aisladas o el linero trabajando montado sobre la estructura directamente.

Figura 69. Liniero utilizando grúa con la técnica de contacto.



CHANCE, Manual para el mantenimiento de líneas vivas. Página 24.

Los trabajos están limitados por el grado de aislación de los elementos aislantes que se empleen. El trabajador deberá colocarse guantes y protectores de brazos de aislación adecuada y eventualmente una vestimenta apropiada para realizar trabajo en líneas vivas en media tensión, debe preparar su puesto de trabajo, realizando la protección de los conductores y estructuras conductoras que impliquen riesgos.

### **3.2.2.2 Ventajas de la técnica de contacto**

En las ventajas de la técnica de contacto en trabajos en líneas vivas podemos mencionar las siguientes.

- El liniero puede ejecutar todos los trabajos directamente con sus manos.
- No necesita del uso de pértigas para separar los cables vivos, de la estructura.

- El servicio eléctrico mantiene su continuidad.
- Los trabajos se efectúan cómodamente cuando hay acceso a una grúa tipo canasta.

### **3.2.2.3 Desventajas de la técnica de contacto**

Las principales que este método presenta, cuando se esta aplicando se han detectado las siguientes.

- Desgaste físico por excesiva transpiración.
- Se necesita tener todas las partes que forman la estructura, cubiertas con los respectivos cobertores.
- El liniero deberá usar obligatoriamente equipo de protección personal contra líneas vivas.

### **3.2.2.4 Recomendación para la conformación de cuadrillas para la técnica de contacto**

La conformación siguiente es una recomendación que se da para las cuadrillas en la técnica de contacto, para el buen desarrollo de los trabajos en líneas vivas.

- Cuatro linieros.
- Dos ayudantes.
- Un conductor.
- Un inspector del trabajo.

### **3.2.2.5 Campos de aplicación de la técnica de contacto**

Este método se utiliza exitosamente en:

- Redes de baja tensión.
- Redes de media tensión de distribución.
- Redes de alta tensión de transmisión.

### **3.2.3 Técnica de potencial**

#### **3.2.3.1 Principio básico**

En este método el operario trabaja con sus manos, colocándose al mismo potencial del conductor o de la estructura conductora, mediante un dispositivo aislante apropiado al nivel de tensión al que se verá sometido.

Figura 70. Persona utilizando un traje conductor.



CHANCE, Manual para el mantenimiento de líneas vivas. Pagina 25.

Ello obliga a mantener las distancias de seguridad con respecto a tierra, con relación a los conductores y estructuras conductoras que se encuentren a un potencial distinto. Este método se deriva de la jaula de Faraday, la figura 70 muestra a una persona utilizando un traje conductor para necesario para el trabajo a potencial.

Mientras el operario es transferido desde el potencial de tierra al potencial de la instalación bajo tensión y de regreso a tierra, el operador no quedará ligado a ningún potencial fijo, se dice entonces que el mismo se encuentra expuesto a un potencial flotante.

Figura 71. Liniero trabajando con la técnica de potencial.



CHANCE, Manual para el mantenimiento de líneas vivas. Página 35.

Estos trabajos generalmente se realizan en líneas de alta tensión y líneas de media alta tensión, que tiene tensiones superiores a los 50 KV, debiéndose utilizar plataformas armables aisladas u otro dispositivo aislado, tales como escaleras apropiado al nivel de tensión en que se vaya a intervenir en líneas de media tensión, este método se utiliza generalmente en subestaciones, figura 71.

Cuando utilizamos la técnica de potencial a líneas de distribución de media tensión, se hace necesario combinarlo con el trabajo a distancia a fin que en ésta modalidad de trabajo y previo a poner la persona a potencial, se optimicen las distancias de seguridad adecuadas.

Antes de tocar un conductor o partes bajo tensión, el trabajador debe unir eléctricamente los mismos con la placa metálica existente en el interior del andamio o elemento metálico equivalente del dispositivo aislado utilizado, con el objeto de asegurar la equipotencialidad de éstos.

Está prohibido el uso de guantes aislantes a los trabajadores que realizan tareas a potencial, debiendo llevar calzado especial con suela conductora y vestimenta conductora.

En líneas de transmisión, se aplica el método de trabajo a potencia. En el cual el operario queda al potencial de la línea en la cual trabaja, mediante vestuario conductivo.

### **3.2.3.2 Ventajas de la técnica a potencia**

Las ventajas que el método de potencial presenta sobre los métodos anteriores son, importantes y se pueden mencionar las siguientes.

- El liniero ejecuta todas las maniobras con sus propias manos.
- No se utilizan protectores para los elementos de las líneas de distribución o transmisión.
- El uso de pértigas también esta reducido considerablemente.
- El liniero no utiliza equipo de protección personal.

### **3.2.3.3 Desventajas de la técnica a potencia**

Las desventajas que la técnica a distancia ha presentado en los diferentes trabajos en los cuales se ha utilizado son.

- El liniero esta expuesto a caída y por lo mismo a sufrir lesiones por caídas.
- Se necesita utilizar plataformas y andamios armables.
- El liniero debe de utilizar traje conductor.
- El liniero debe utilizar zapatos conductores.

### **3.2.3.4 Recomendación para la conformación de cuadrillas para la técnica de potencial**

La conformación siguiente es una recomendación que se da para las cuadrillas en la técnica de potencial, para el buen desarrollo de los trabajos en líneas vivas.

- Dos linieros.
- Unos ayudantes.
- Un inspector de trabajo.

### **3.2.3.5 Campos de aplicación de la técnica de potencial**

Este método se utiliza exitosamente en.

- Redes de media tensión de distribución.
- Redes de alta tensión de transmisión.

### **3.2.4 Técnica robótica**

#### **3.2.4.1 Principio básico**

Mejorar el factor de seguridad en el campo de mantenimiento en líneas de media tensión y alta tensión es una preocupación siempre presente para las empresas que se dedican a este trabajo. Esta necesidad ha obligado a desarrollar procedimientos y técnicas para el mantenimiento de instalaciones en tensión, cuya mayor aplicación se encuentra en líneas aéreas de distribución. Abriendo una puerta al campo de la robótica, para aplicarlo al mantenimiento de líneas vivas.

A mediados de los años 80, el Instituto Norteamericano EPRI (Electric Power Research Institute), previendo las posibilidades de la robótica en el sector del mantenimiento en líneas vivas, comenzó las primeras investigaciones, desarrollando un primer prototipo de robot para mantenimiento en líneas vivas denominado TOMCAT.

Casi de forma simultánea, la compañía Japonesa Kyushu Electric Power Co. comenzó también su propio desarrollo, siendo con mucho la que más ha avanzado, contando en la actualidad con una flota de más de 80 unidades del prototipo desarrollado en la primera fase. Otras compañías en el mundo han comenzado en los últimos años desarrollos similares, pudiéndose citar entre las más importantes a Pacific Gas & Electric Co. En Estados Unidos, AICHI y Shikoku en Japón, e Hydro-Quebec en Canadá.

En países como España se encuentra en fase muy avanzada un prototipo denominado ROBTET (Robot para Trabajos En Tensión) que está siendo realizado por IBERDROLA, S.A., COBRA y DISAM (Dpto. de Automática de la Universidad Politécnica de Madrid).

Las cuestiones a tener en cuenta en la aplicación y desarrollo de robots para el mantenimiento de instalaciones en tensión son muchas y variadas. Siendo los objetivos mas relevantes del método de trabajo en líneas vivas con robots, el mantener al personal lejos de todos los componentes de la estructura que se esta trabajando, a una distancia segura sin la necesidad de que se manipule de manera manual cualquier componente de la estructura de parte del personal, todas las maniobras se realizaran desde un servomecanismo que mantiene al operador en condiciones muy seguras al momento de trabajar con líneas vivas.

Figura 72. Aplicación de la técnica robótica.

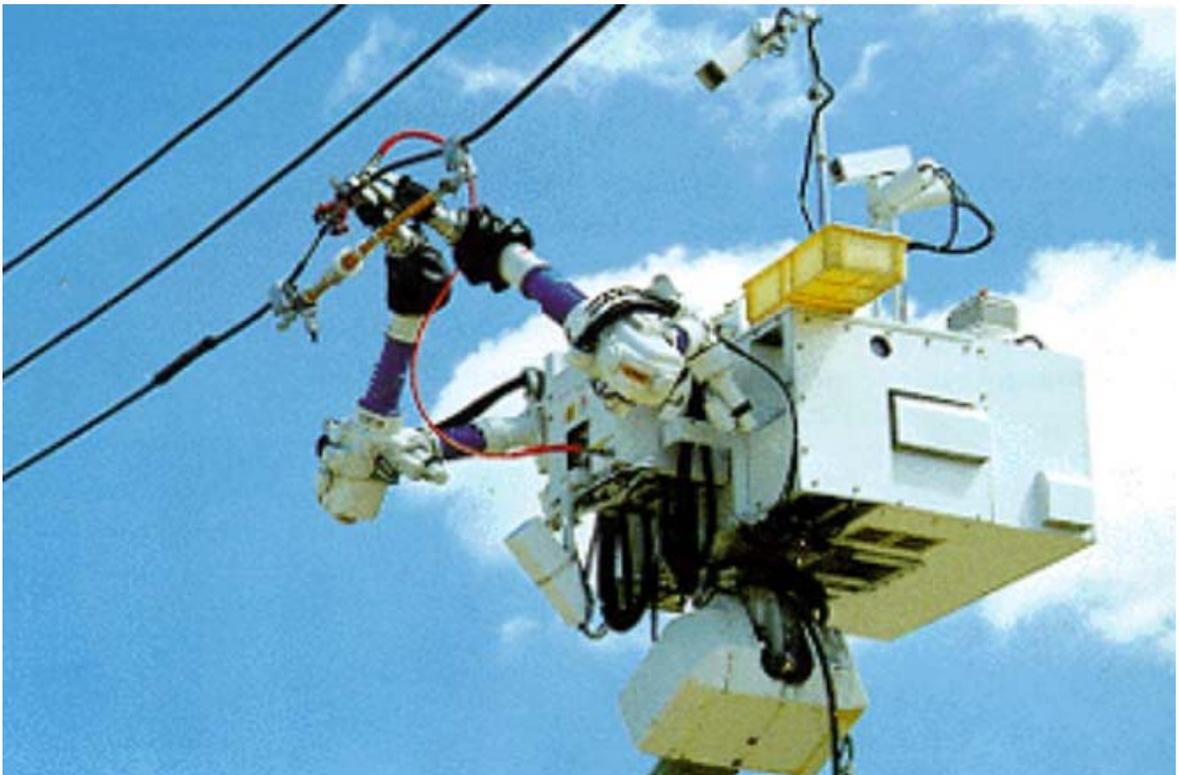


CHANCE, Manual para el mantenimiento de líneas vivas, Página 40

Una ventaja añadida de la utilización de robots para el mantenimiento de líneas vivas es que éste trabajo pueda ser efectuado bajo condiciones meteorológicas moderadamente adversas. Aunque hay que considerar el sobredimensionamiento de los aislamientos y el posible efecto sobre grúa y cables de un fuerte viento figura 72.

El tipo de vehículo a utilizar viene condicionado tanto por las zonas a las que tiene que acceder figura 73, como por los equipos que en él se monten. En algunos casos en líneas de transmisión, debido a las grandes alturas a las que ha de alcanzar, se ha pretendido que el vehículo portador deba ser un camión grúa. Para realizar el trabajo se llega a contar hasta con tres vehículos diferentes: camión grúa con el robot, remolque con compresor y camioneta con cabina de control.

Figura 73. Aplicación de la técnica robótica.



La grúa es uno de los elementos más importantes de estos sistemas. Suele ir sobre el propio camión, estar aislada y contar en su extremo con los elementos que van a actuar directamente sobre la línea. Se han centrado esfuerzos en poder independizar los equipos de manipulación de la base que lo sustente, por lo que no existe una definición única de la grúa. Sin embargo los desarrollos japoneses estudian más el conjunto de robot, vehículo y grúa, poniendo especial interés en hacerlo lo más compacto posible.

Empresas como Kyushu y AICHI cuentan con una grúa telescópica con tres secciones, la última de material aislante, con alcance hasta los 13 metros. Ambos sistemas montan dispositivos que permiten mantener la cabina o plataforma del extremo en posición horizontal, así como permitir su giro

En los desarrollos con el operador en una cabina sobre la grúa los problemas son resueltos con una mejora del aislamiento de la cabina. En el caso de los desarrollos con el operador en el camión el problema se centra en el adecuado aislamiento de los distintos sistemas que se encuentran sobre la grúa, siendo el peligro para el operador mucho menor. En ambas situaciones se conocen experimentos que demuestran la posibilidad de utilización de estos sistemas con lluvia, siempre que esta sea poco intensa.

#### **3.2.4.2 Ventajas de la técnica robótica**

Este método de trabajo en líneas vivas, ofrece ventajas importantes sobre las otras técnicas anteriormente descritas, haciendo de esta técnica de trabajo una que en el futuro cercano se estará empleando de una manera más común en nuestro medio en el trabajo en líneas vivas. Se pueden mencionar las siguientes ventajas.

- El liniero ejecuta todas las labores con los servomecanismos como extensión de sus manos.

- La seguridad del personal que ejecuta trabajos en líneas vivas, tiene un gran incremento.
- Se pueden efectuar los trabajos en líneas vivas con menos personal.
- La continuidad del servicio eléctrico se mantiene constante.
- Se pueden efectuar trabajos en líneas vivas, incluso en condiciones climáticas adversas, como por ejemplo en días nublados o con poca lluvia.
- El personal corre muchos menos riesgos a lesiones físicas por contacto directo con las líneas de distribución o transmisión.
- El liniero nunca esta en contacto directo con las líneas eléctricas.

#### **3.2.4.3 Desventajas de la técnica robótica**

Entre las principales desventajas de la técnica robótica, en los trabajos en líneas vivas, se pueden mencionar las siguientes.

- El equipo que se utiliza es bastante costosos.
- Hay algunas fases en el equipo que aún esta en desarrollo.
- El lugar donde se desarrolla en trabajo, debe permitir el acceso del vehículo que transporta el servomecanismo de la robótica.
- Actualmente esta técnica solo se esta utilizando en países con altos estándares de calidad, en mantenimiento eléctrico, pudiendo mencionar entre como ejemplo Japón, USA, Canadá.

#### **3.2.4.4 Recomendación para la conformación de cuadrillas para la técnica robótica**

La conformación siguiente es una recomendación que se da para las cuadrillas en la técnica robótica, para el buen desarrollo de los trabajos en líneas vivas.

- Un robot que desarrolle las actividades.
- Personal con la capacidad de manejar los servomecanismos de control del robo, puede ser un liniero o una persona calificada para estos trabajos.
- Personal de apoyo para las diferentes maniobras a realizar.
- Un inspector de trabajo.

#### **3.2.4.5 Campos de aplicación de la técnica robótica**

Esta técnica se utiliza en redes de baja tensión, redes de distribución de media tensión y en líneas eléctricas de transmisión. Los lugares donde se esta utilizando esta técnica de trabajo, son países con normas de seguridad exigentes.

- Redes de baja tensión.
- Redes de media tensión de distribución.
- Redes de alta tensión de transmisión.

Esta técnica se utiliza en redes de distribución de media tensión y en líneas eléctricas de transmisión. Los lugares donde se esta utilizando esta técnica de trabajo, son países con normas de seguridad exigentes.

## **4. MANTENIMIENTO EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.**

### **4.1 Mantenimiento en líneas de distribución**

El mantenimiento en líneas de media tensión de distribución en vivo en general, consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso de las normas de seguridad y medio ambiente aplicables. Dentro de los tipos de mantenimiento tenemos.

- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los diferentes mantenimientos a líneas eléctricas de media tensión de distribución.

### **4.2 Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento se realiza a las redes de distribución de media tensión en vivo, se realiza mediante inspecciones completas y de mediciones con instrumentos de prueba especializados, a las líneas de distribución de media tensión en vivo y se hace con el fin de detectar posibles daños en las líneas de distribución de media tensión. Que en un futuro podrían afectar la continuidad del servicio eléctrico.

El mantenimiento predictivo se trata de un mantenimiento profiláctico, pero no a través de una programación rígida de acciones como en el mantenimiento preventivo. Aquí lo que se programa y cumple con obligación son "las inspecciones", cuyo objetivo es la detección del estado técnico del sistema y la indicación sobre la conveniencia o no de realización de alguna acción correctiva.

También nos puede indicar el recurso remanente que le queda al sistema para llegar a su estado límite. Dentro de este mantenimiento entran los equipos de inspección de nuevas tecnologías como: la detección del efecto corona, ultrasonido, vibraciones y la más conocida como es la termografía.

#### **4.2.1 Inspección general de líneas de media tensión en vivo**

La inspección oportuna de líneas aéreas en vivo con equipos de nuevas tecnología y el manejo adecuado del resultado de las mismas ayudan a incrementar la confiabilidad de los sistemas Eléctricos. Sin embargo, la implementación de estas nuevas tecnologías, con miras a la detección temprana de daños en los diferentes elementos que la conforman, requieren de validaciones de las mediciones para minimizar el margen de error, que va asociado a costos elevados bien sea por fallas no esperadas o por sustitución de equipamiento innecesariamente.

La función de una inspección de línea es encontrar defectos en los herrajes y aislamiento de líneas de distribución de 34,5 kV, 13.8KV y generan recomendaciones para la corrección de los problemas encontrados antes que estos produzcan una falla en el sistema. Adicionalmente se presenta los formatos usados para el registro, monitoreo y diagnóstico utilizados en las inspecciones.

Las empresas eléctricas deben garantizar la continuidad de servicio, para ello invierten importantes recursos en inspecciones de líneas vivas para detectar elementos en condiciones de operación dudosa que generen problemas que pueden llevar a futuras interrupciones del servicio eléctrico.

Sin embargo, para hacer más confiables los resultados de estas inspecciones se requiere equipos de tecnología de punta, tales como la cámara de efecto corona, equipos de ultrasonido, equipo para inspección termográfica y otros que debido a su costo la mayoría de las empresas no los adquieren y en caso de lograr su adquisición se enfrentan a la falta de experiencia en el uso de los mismos. Esto último genera temor en el uso de la información suministrada a la hora de la toma de decisiones de sustitución de elementos.

La aplicación de un sistema de mantenimiento basado en soluciones post falla, es decir, mantenimiento correctivo, no garantiza continuidad de servicio a los consumidores.

Una alternativa de mantenimiento que sí cumple con lo requerido, es el Mantenimiento predictivo, el cual se basa en la realización de mediciones periódicas, que permitan la detección de posibles puntos de falla futuros, y con esto plantear la estrategia que resuelva los problemas sin necesidad de esperar que la falla se presente.

Adicionalmente se plantea el manejo de los resultados de las inspecciones a través de formatos que incluyan todos los elementos del circuito, lo que permite llevar con más eficiencia el proceso de inspección y elevar su efectividad, permitiendo así la reducción considerable en el tiempo de análisis de la información mejorando la planeación y control del mantenimiento de líneas de distribución de media tensión para cumplir con los criterios de confiabilidad, seguridad y calidad de servicio eléctrico.

#### **4.2.2 Equipamiento para el inspector**

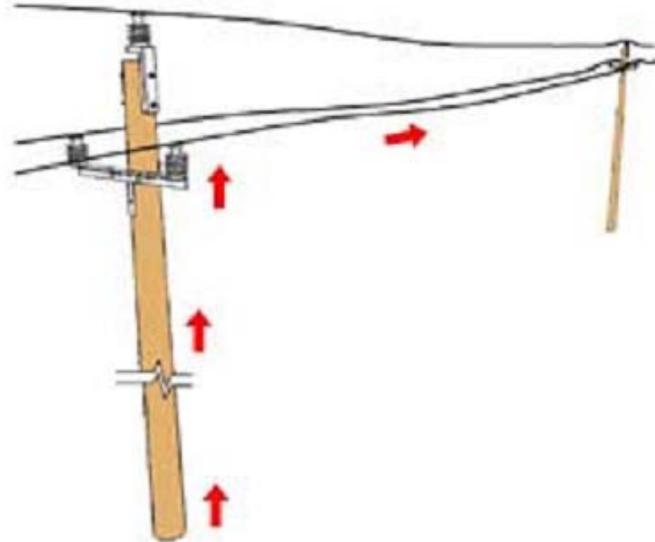
A continuación se presenta un listado definido del equipamiento mínimo que necesita el inspector, al momento de realizar inspección de una línea de distribución de media tensión de 13.8KV o 34.5KV.

- TPM. Terminal Portátil de Mantenimiento (pocket PC con GPS).
- Mochila.
- Cámara digital.
- Telémetro de ultrasonido.
- Larga vistas.
- Casco o Gorro con visera y tapa nuca.
- Calibre para medir sección del conductor.
- Lezna.
- Martillo y cinta métrica (solo para los casos de líneas o subestaciones aéreas en poste de madera).
- Equipo de comunicación como radio portátil y celular.

#### **4.2.3 Sentido de recorrido al realizar una inspección de línea en vivo**

Para el recorrido de las líneas y subestaciones en una inspección de líneas de distribución de media tensión, se define un sentido de recorrido que es el de la carga en explotación normal.

Figura 74. Recorrido en una inspección.



Mantenimiento en media tensión. Unión Fenosa Guatemala.

Al hacer recorridos de líneas aéreas de distribución de media tensión, se considera una unidad básica de mantenimiento el apoyo con su vano adyacente siguiente. Las tareas a realizar, se ejecutan en el poste desde abajo hacia arriba y luego en el conductor en toda su longitud tal como muestra el siguiente figura 74.

A continuación se presenta un listado de los datos que el inspector revisa, en una inspección completa de líneas de distribución de 13.8kv y 34.5kv.

- Revisión del estado general de todo el aislamiento.
- Revisión del estado de componentes como cortacircuitos, pararrayos, transformadores de distribución.
- Revisión de bajadas a tierra.
- Revisión de la estructura completa de media tensión.
- Revisión del herraje que contiene la estructura.
- Revisión del estado del cable de la línea de media tensión.

Cualquier anomalía que el inspector detecte en cualquiera de las áreas antes mencionadas, tomara nota en un formulario o en cualquier otro medio que cuente para este fin, todos estos problemas se resolverán en acciones programadas en las líneas de media tensión.

#### **4.2.4 Instructivos de inspección**

Estos instructivos contienen los criterios para realizar las inspecciones, listan todas las posibles anomalías con su categorización y prioridad previamente definida que corresponde para las anomalías encontradas, además listan las acciones de mantenimiento preventivo generadas, que son las que evitarán la falla del sistema. En la tabla XXIII siguiente se muestra un ejemplo de informe presentado por el inspector en una inspección de línea.

#### **4.2.5 Inspección termográfica en líneas de media tensión de distribución en vivo**

##### **4.2.5.1 Definición de termografía**

La termografía es la rama de la teledetección que se ocupa de la medición de la temperatura radiada por los fenómenos de la superficie de la Tierra desde una cierta distancia. Una termografía infrarroja es la técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja invisible para nuestros ojos emitida por objetos de acuerdo a su condición térmica.

Tabla XXIII. Formato de inspección general de línea.

Diagnostico de Linea							Tipo de Tramo	Dispositivos	
No.	X	Y	Fecha	No. Estruct.	Tipo	Troncal Derivacion / ct /troncal, ct /derivacion	Matricula de Ct	Monofasico Bifasico Trifasico	Cortacircuito Fargo comprimionado perno partido
40	735528	1639689	05/01/2008	15-6	V y VI	ct derivacion	09330	Monofasico	Cortacircuito
41	735088	1639668	05/01/2008	15-9	V y VI	Derivacion con Racimo		Monofasico	Perno partido
42	735003	1639623	05/01/2008	15-10	V	Derivacion		Monofasico	Cortacircuito
43	734982	1639602	05/01/2008	15-12	V y VI	Ct Derivacion	11735	Monofasico	Perno partido
45	735192	1639330	05/01/2008	16	II	Ct Racimo.	07769	Monofasico	Perno partido

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Continuación tabla XXIII. Formato de inspección general de línea.

		Fase de Conexión			NOMBRE DE INSPECTOR			
Dispositivos		R	S	T				
Pararrayo Si/No	Estado del Dispositivo Bueno, Flameado, explotado				Calibre Cable	Poda	Dirección	Observación Trabajo
Si	Bueno	x			1/0	No	Caserio Candelaria	Ct con estribo, trancharlo y colocarle conector fargo con nemas, 1 conector fargo, 2 nemas # 1/0.
No	Bueno	x			1/0	Si	Sector escuela	Normal
Si	Bueno	x			1/0	No	Derivacion a finca el molino, Caserio Candelaria.	Ct con estribo, trancharlo y colocarle nemas, cortacircuito con perno partido, trancharlo, 2 estribos universales.
No	Bueno	x			1/0	Si	Finca el molino, Caserio Candelaria.	Ct con estribo, trancharlo y colocarle conector fargo, 1 estribo universal, 1 conector de compresion # 1/0, 1 conector fargo.
No	Bueno	x			1/0	No	Caserio Candelaria, frente a iglesia catolica y escuela.	Derivacion con racimo tranchado.

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Una cámara termográfica produce una imagen en vivo visualizada como fotografía de la temperatura de la radiación. Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie de la imagen y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad. Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada: Termografía o termograma.

La presentación de imágenes térmicas se ha convertido en una de las herramientas de diagnóstico más valiosas en el mantenimiento preventivo. Al detectar anomalías, a menudo invisibles para el ojo humano, la termografía permite adoptar una acción correctora antes de que se produzca un costoso fallo en el sistema.

#### **4.2.5.2 Ventajas de la termografía**

Entre las ventajas de la termografía podemos mencionar las siguientes.

- No interfiere el proceso.
- No afecta a la producción.
- Es posible el estudio de distribuciones térmicas.
- Ensayos de laboratorio.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La precisión de medida es mayor que la de los sistemas convencionales.
- Respuesta rápida de inspección.
- Posibilita la implantación del mantenimiento proactivo.

#### **4.2.5.3 Aplicación de la termografía**

La termografía tiene varios campos de aplicación, debido a los buenos resultados que este estudio ofrece, entre los campos de aplicación podemos mencionar los siguientes.

- Automatización.
- Diagnóstico de edificios.
- Inspección mecánica.
- Inspección eléctrica.
- Hornos y refractarios.
- Ahorro energético.
- Alta tensión.
- Aislamientos.
- Conductos calefacción y aire acondicionado.
- Filtraciones de agua (humedades).
- Pérdidas y fugas energéticas.
- Obstrucción en radiadores.

#### **4.2.5.4 Aplicaciones de la termografía en inspecciones de líneas eléctricas en vivo**

En el campo de la electricidad la termografía se utiliza exitosamente en varias actividades, las cuales se presentan en el siguiente listado, una ventaja indiscutible de la termografía, es la seguridad que presenta para el inspector, ya que en ningún momento de la inspección termográfica, este se ve obligado al contacto directo con las partes activas del sistema eléctrico.

- Conexiones defectuosas.
- Corrosión en conector.
- Aprietes incorrectos.
- Defectos de aislamiento.
- Oxidación de interruptores.
- Defectos de oxidación de elementos de conexión y contactos móviles.

- Calentamiento en bornes de transformadores.
- Inspección en líneas de distribución.
- Inspección de subestaciones eléctricas.

### **4.3 Mantenimiento preventivo**

Es aquel que cubre todas las actividades de mantenimiento programado y cuya filosofía es la de llevar a cabo la prevención de la ocurrencia de una falla o la detección de la falla antes que ésta ocasione una interrupción o un disturbio en la producción. Este tipo de mantenimiento es programado.

La administración del mantenimiento preventivo requiere asegurarse de que el trabajo correcto y las revisiones de la condición del equipo son ejecutadas en el tiempo justo por el personal adecuado en la forma correcta, ya que de esta etapa se genera el reporte de fallas, el cual es el insumo requerido por la unidad de mantenimiento para la preparación y planeación de las actividades correctivas.

El programa de actividades generado a partir del reporte de fallas requiere de la existencia de un sistema de control de bodega y compras, capaz de suministrar la información necesaria para programar el plan de trabajo correspondiente a las actividades de mantenimiento.

La actividad de mantenimiento preventivo se relaciona con la administración de los inventarios a partir del momento en que se confecciona el programa de actividades correctivas generado como consecuencia del reporte de fallas. Es decir el mantenimiento preventivo no debe generar costo por consumo ya que su misión, como se mencionó, es detectar las fallas, cuya corrección dará lugar al mantenimiento correctivo planeado.

- Recorridos periódicos para inspeccionar las redes y demás elementos.

- Labores de descombro, rocería y despeje de servidumbre
- Mantenimiento general de los sitios de postes y vientos.
- Apriete o cambio de conectadores de las redes.
- Pintura y mantenimiento general de transformadores de distribución.
- Apriete de conexiones de transformadores de distribución.
- Pintura de torrecillas.
- Tratamiento de poste de madera con inmunizantes.
- Lavado de aislamiento.
- Balance de carga de circuitos.
- Instalación de cables de puesta a tierra.
- Instalación de compensación de puestas a tierra.
- Retempla de cables de viento.
- Para las redes subterráneas limpieza de cámaras, canalizaciones, cajas y drenajes de aguas.

#### **4.3.1 Lavado de aislamiento en postes**

A principios del siglo pasado, aparecieron manifestaciones de los diversos contaminantes, industriales y naturales, en los aisladores eléctricos de las líneas de transmisión, subestaciones y redes de distribución de los esquemas eléctricos de potencia. Las empresas suministradoras del fluido eléctrico, en los Estados Unidos de Norteamérica y algunas industrias consumidoras, iniciaron el lavado de aisladores en forma manual, con las instalaciones desenergizadas.

En el año de 1944, se realizaron experimentos para efectuar la limpieza con las instalaciones energizadas y en 1948, se inició el lavado con los equipos energizados y en operación, empleando agua desmineralizada a presión, aplicada por el operador con el uso de pértigas aislantes y a la distancia conveniente.

En 1957, se modificó la manera de aplicación y se incluyó el uso de camiones, con pluma hidráulica, brazo aislado articulado y canastilla aislante, lo que incrementó la seguridad para el operador. El método usado para la limpieza del aislador depende del material del aislador, su fabricación, de si la línea está o no energizada y del tipo de contaminante que se debe eliminar.

Es importante mencionar que el lavado de aislamiento se utiliza mas en líneas de transmisión de alta tensión, pero algunos métodos son empleados en líneas de distribución de media tensión tanto de 13.8kv como de 34.5kv. Los métodos que actualmente se están utilizando en línea viva son los siguientes.

#### **4.3.1.1 Agua a presión alta**

El lavado con agua a presión alta utiliza un flujo estrecho de agua con presiones típicas entre 2.750 y 6.900 kPa (400 a 1.000 libras por pulgada cuadrada) en la boquilla. Las boquillas más comúnmente utilizadas con el agua a presión alta son de cuatro tipos: Sujeción manual, sujeción a control remoto (pistola), sujeción fija y montada en helicóptero.

#### **4.3.1.2 Agua a presión media**

El concepto de lavado con presión media ha probado ser efectivo. Este sistema involucra muchos de los procedimientos usados en los procedimientos para boquilla manual y de control remoto.

Manteniendo la efectividad del lavado, las ventajas son las demandas reducidas de equipo, menos fatiga del empleado que con el método de alta presión y un incremento en la producción.

La disminución de la corriente de fuga en todo el flujo de agua fue evidente a medida que se ensayó el método. Las presiones usadas en este método están entre 2.070 kPa y 2.760 kPa (300 a 400 libra por pulgada cuadrada).

#### **4.3.1.3 Agua a baja presión (lavado por riego)**

En algunas circunstancias, como es el caso de la limpieza de los bujes transformadores de potencia, se puede usar un sistema de boquilla fija. La boquilla esparce el agua en un patrón redirigido hacia el buje, de modo que rodee el buje completo.

Se usa el lavado frecuente para evitar la acumulación grave de contaminantes tabla XXIII. Lavado se asigna según el grado de contaminación existente. Algunas torres de transmisión también tienen tubería para dirigir un flujo de agua para regar los aisladores de suspensión. Generalmente, la tubería desciende desde la torre hasta el suelo en donde una unidad de bombeo y un tanque están conectados.

La presión de la bomba a nivel del suelo usualmente es de 1.380 kPa (200 libra por pulgada cuadrada) con una salida en la bomba de 2, 524 l /s (40 gal /m) para la boquilla. El tamaño de la boquilla, el tamaño de la tubería y la altura de la torre se deberían considerar en la selección de la presión y capacidad de la bomba.

La presión de la bomba a nivel del suelo usualmente es de 1.380 kPa (200 libra por pulgada cuadrada) con una salida en la bomba de 2, 524 l /s (40 gal /m) para la boquilla. El tamaño de la boquilla, el tamaño de la tubería y la altura de la torre se deberían considerar en la selección de la presión y capacidad de la bomba.

Tabla XXIV. Lavado de aislamiento en vivo.

<b>DATOS DEL DISEÑO.</b>	<b>SISTEMA DE ASPERSIÓN AUTOMÁTICA.</b>	
Resistividad mínima permisible del agua (cm).	10.000 cm (3.937 pulgada)	20.000 cm (7.874 pulgada)
Presión del agua en la boquilla.	700 kPa (100 libras por pulgada cuadrada).	1000 kPa (150 libras por pulgada cuadrada)
Tipo de boquilla	Aspersión.	Aspersión.
Distancia mínima desde la boquilla hasta el conductor vivo.	3.1 m (122 pulgadas)	4.3 m (170 pulgadas)
Cantidad de boquillas por aislador.	CC y TC: 6; otras: 4	CC: 8; otras: 6
Cantidad de agua	CC y TC: 4.7 l/s (1.24gal/s). Otras: 3.5l/s (0.92 gal/s).	CC: 7.4 l/s (1.96 gal/s) TC: 6.2 l/s (1,64 gal/s) Otras: 5.5 l/s (1.45 gal/s)
Duración del lavado (depende del tipo de aislador).	25s.	25s.

Fuente: Mantenimiento de TCT de España (Grupo AMYS). Página 58.

CC: cortacircuito (CB).

TC: transformador de corriente (CT).

#### **4.3.1.4 Boquilla de aspersión fija para agua a presión baja**

El lavado a presión baja emplea un sistema de boquilla de aspersión fija que funciona a baja presión, usualmente entre 350 kPa y 1.030 kPa (5 a 150 libra por pulgada cuadrada). Estos sistemas se usan principalmente en áreas en donde se requiere lavado frecuente. Debido a la presión baja y al sistema de boquilla de aspersión, se disminuye la efectividad para eliminar contaminantes diferentes a la sal marina.

Por lo tanto, la mayoría de instalaciones de boquilla de aspersión fija se usan en áreas en o cerca de la costa, principalmente para eliminar la contaminación con sal marina. Este método se puede usar para contaminantes que se encuentran en tierra.

#### **4.3.1.5 Limpieza con aire comprimido y seco**

Este método de limpieza de los aisladores involucra el uso de aire comprimido y de un compuesto de limpieza seco. Este procedimiento requiere un compresor de aire que pueda suministrar mínimo 0,0523 m/s (110 pies cúbicos por minuto) con una presión de 860 kPa (125 libra por pulgada cuadrada), un secador de aire, un propulsor de presión, varilla de aplicación, mangueras adecuadas para el suministro y compuesto de limpieza.

Para limpiar los aisladores, el compuesto de limpieza se dirige hacia la superficie del aislador por medio de una varilla de aplicación diseñada especialmente. La varilla consiste en una combinación de pértiga y boquilla que permite realizar el trabajo en sistemas energizados. Este método se ha usado en líneas energizadas y subestaciones hasta de 500 kV. El proceso de limpieza con los limpiadores secos es muy similar al de chorro de arena a presión ya que el flujo de aire de alta presión se usa para bombardear, con el medio de limpieza, la superficie del espécimen que se va a limpiar.

Seleccionando el medio apropiado, virtualmente, se puede eliminar cualquier contaminante de la superficie del aislador. Se debe tener precaución para evitar la erosión del esmalte o el deterioro de los componentes galvanizados.

Un componente no abrasivo comúnmente utilizado son los gránulos de CO<sub>2</sub>. En el proceso de CO<sub>2</sub>, los gránulos de CO<sub>2</sub> Congelados, golpean la superficie del aislador penetrando a través del contaminante hasta la superficie del aislador. Luego, los gránulos se subliman en gas, el cual expulsa el contaminante de la superficie. No hay acción abrasiva en el aislador.

Se recomienda usar un secador de aire entre el compresor de aire y el disparador de aire para eliminar la humedad del aire comprimido.

#### **4.3.1.6 Frotación con paño de líneas vivas**

Se usa un procedimiento que emplea pértigas y una lona especial para limpiar en vivo los aisladores usados en equipos que funcionan en tensiones entre 4 kV y 69 kV. La necesidad de la limpieza en vivo depende del grado de contaminación y del riesgo de flameo durante el lavado. Este procedimiento también se puede usar antes del lavado en vivo para reducir la posibilidad de flameo.

El trabajador de línea que realiza la limpieza en vivo puede hacer esta labor desde una escalera o en el piso, en un camión de canasta o desde la torre de acero. La técnica requiere una pértiga que se engancha en un ojal de la lona, la cual se coloca alrededor del aislador o buje, y se engancha en un segundo ojal en la lona con el gancho de una segunda pértiga. Cuando esto se logra, la porcelana se puede limpiar con un movimiento de sierra. Las pértigas con la lona se deben mantener lo suficientemente ajustadas de manera que los ojales no se aflojen de la lona.

Generalmente, la limpieza empieza en la parte adyacente al conductor energizado y termina en la torre. La pértiga usada para este propósito debe tener aproximadamente 19 mm (0,75 pulgadas) de diámetro y 3.050 mm (10 pies) de longitud. El aro terminal se une a la pértiga con tornillo y tuerca.

#### **4.3.2 Poda de arboles en líneas vivas**

Cuando una estructura de líneas de distribución de media tensión de 13.8kv o 34.5kv se encuentra como se muestra en la figura 59, las ramas que se encuentran cerca del cable conductor, cuando las condiciones climáticas presenten mucha lluvia, viento o en la presencia de movimientos sísmicos.

Las ramas tienden a acercarse al cable conductor violando las distancias mínimas que se deben de guardar, esto ocasiona que ocurra una falla en el sistema de distribución, provocando lo se conoce como falla de fase a tierra, esta falla es capaz de accionar las protecciones mas cercanas, que generalmente son cortacircuitos quemando el fusible de estos y dejando la totalidad el sector fuera de servicio.

Cuando se efectúa el procedimiento de poda la herramienta mas común que el personal utiliza es, garrocha podadora, pértiga, tijera telescópica, vara larga extensible con sierra ó tijera en su extremo, que sirve para podar ramas altas, machete, lazos.

Como parte de la rutina de mantenimiento preventivo se corta la vegetación en la zona cercana a la instalación para asegurar el mantenimiento de las distancia de seguridad respecto a los cables. Es importante destacar que además de un programa efectivo de poda y limpieza de maleza es indispensable para poder ofrecer un servicio eléctrico continuo, esta actividad es también clave porque afecta directamente a la seguridad pública.

La poda adecuada y continua de los árboles reduce la posibilidad de que haya contacto eléctrico, cables caídos o incendios eléctricos, lo cual además de ser un peligro para el público, también puede dañar o matar árboles sanos.

Para el control de la vegetación, la Unidad de Mantenimiento realiza periódicamente tres actividades:

#### **4.3.2.1 Poda de arbolado**

Se define como el corte selectivo de las ramas de un árbol. Esta labor se hace necesaria en aquellos ejemplares que no requieran su tala. En el caso que la longitud de algunas de las ramas supone un riesgo para las personas o las líneas, o sin darse este caso simplemente se pretenda limitar el crecimiento de una especie a proteger. Este trabajo se ejecuta conforme a las distancias mínimas, aplicando las Normas de Seguridad especificadas en la ITT-11 Tala y poda de arbolado para paso de líneas aéreas de media tensión.

La poda se realiza por un método llamado poda direccional o lateral. La palabra “lateral” deriva del método de cortar una rama hasta el crecimiento lateral, lo cual imita la forma en que los árboles cortan las ramas por si mismos en un bosque. Este método reduce la cantidad de brotes múltiples de rápido crecimiento y orienta el crecimiento futuro del árbol lejos de las líneas de tendido eléctrico.

Esta poda selectiva de ramas específicas mantiene un mayor volumen de la copa natural de los árboles, un método que ha demostrado ser más saludable para el árbol que la poda arbitraria. La poda lateral elimina exclusivamente las ramas que pudieran estorbarle a los cables y orienta el crecimiento de los árboles hacia arriba y hacia atrás y lejos de la línea.

#### **4.3.2.2 Limpieza de maleza y arbustos**

La limpieza de toda la maleza ubicada en el derecho de vía de la línea, que por sus dimensiones alcance porte de arbusto. Este trabajo se ejecuta conforme a las distancias mínimas, aplicando las Normas de Seguridad especificadas en la ITT-11 Tala y poda de arbolado para paso de líneas aéreas de media tensión.

#### **4.3.2.3 Limpieza de estructuras**

Retiro de maleza sobre las estructuras así como de sus retenidas. El trabajo se realiza conforme a las distancias mínimas, aplicando las Normas de Seguridad especificadas en la ITT-11 Tala y poda de arbolado para paso de líneas aéreas de media tensión. La poda y el mantenimiento de la servidumbre de paso libre de arbustos y maleza es realizada por medios mecánicos, utilizando moto sierras y machetes, en cumplimiento de la ley forestal y la ley reguladora del registro, autorización y uso de moto sierras.

Debido a que cada país tiene normativas o entes que reguladores diferentes en esta ocasión se presentan los entes encargados de regular la tala y poda en líneas eléctricas de media tensión en nuestro país Guatemala.

#### **4.3.2.4 Marco legal para poda y tala en Guatemala**

Que la línea atraviese tierras con Bosque, ya sea bosque conífero, latifoliado, mixto o manglar. Los Bosques representan un 37,26% del territorio guatemalteco, y en esta categoría se incluyen tanto los bosques naturales (servicio ambiental) como las zonas forestadas para uso productivo (servicio forestal).

En Guatemala, el INAB (Instituto Nacional de Bosques) es la institución encargada de la dirección y manejo de bosques, y es la máxima autoridad competente en materia forestal. Por tal motivo, cada vez que una línea de distribución tenga que pasar por un bosque, Unión Fenosa (Deocsa, Deorsa) y EEGSA solicitan autorización a INAB para eliminar la cubierta arbórea en la servidumbre de paso de la línea. INAB, luego de realizar una evaluación para determinar la volumetría de bosque que será extraída.

Las especies afectadas y el volumen de madera a extraer, emite una licencia forestal para el proyecto. Dicha licencia forestal además de determinar el pago de derecho de tala, incluye además un compromiso de recuperación de bosque (reforestación o plantación) por parte de Unión FENOSA (Deocsa, Deorsa) o EEGSA, detallando la superficie y especie a reforestar.

Una vez definida la trayectoria más apropiada para la línea, en función de los criterios antes establecidos, si es necesario afectar a propietarios particulares, se procede a solicitar Derecho de Vía o Servidumbre de paso. De acuerdo a la Guía de Referencia ANE-BID-EIA-005. Como política general, los nuevos derechos de paso se realizan teniendo en cuenta como minimizar su extensión, el impacto en entorno sensible, recursos culturales, tierras de agricultura y áreas residenciales y comerciales.

El trabajo de corte o tala de todos los árboles existentes ubicados en el derecho de vía de la línea de media tensión, se ejecuta conforme a las Normas de Seguridad especificadas en la ITT-11 Tala y poda de arbolado para paso de líneas aéreas de media tensión. Impacto visual sobre el paisaje resulta inevitable que las redes aéreas de distribución produzcan un impacto visual negativo, alterando la calidad visual del entorno inmediato. Por tal motivo, en los casos concretos en que CONAP (Comisión Nacional de Áreas Protegidas) solicita minimizar este impacto en los Parques Nacionales y otras zonas de especial protección.

Unión Fenosa (Deocsa, Deorsa) y EEGSA proponen soluciones como el camuflado de las instalaciones, pintado de los postes de color verde, u creación de barreras vegetales para ocultar las instalaciones. A continuación se detallan entes reguladores, que se deberán tomar en cuenta en las líneas de media tensión de distribución, en Guatemala.

### **Reglamento sobre estudios de impacto ambiental**

Aprobado en julio de 1998. El objetivo de este reglamento es establecer los procedimientos para la aplicación del Artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, en el sentido de orientar y organizar técnicamente el proceso de gestión de las Evaluaciones de Impacto Ambiental. La aplicación de este reglamento es competencia de la CONAMA.

### **Ley forestal No 101-96**

Del Congreso de la República, del 31 de octubre de 1996, cuyos objetivos son la reducción y promoción de la deforestación, incrementar la productividad de los bosques, y la conservación de los ecosistemas a través del desarrollo que promuevan el cumplimiento de la legislación respectiva.

### **Reserva de la biosfera maya**

Decreto 5-90, del 30 de enero de 1990, en este decreto se unifican todas las áreas de protección especial establecidas en el Artículo 90 del Decreto 4-89 que se ubican en el Departamento del Petén. Declarándoles como áreas protegidas (Reserva Maya).

### **Ley de aéreas protegidas**

Decreto 4-89 del 10 de enero de 1989, reformada por Decreto 18-89 del Congreso. En concreto se refiere a los recursos de flora y fauna. A través de esta ley se constituye el Sistema Guatemalteco de Aéreas Protegidas (SIGAP), creando también el Consejo de Aéreas Protegidas (CONAP).

### **Ley reguladora del uso de motosierras**

No 122-96 del Congreso de la República, 26 de noviembre de 1996. Como parte de la rutina de mantenimiento preventivo se corta la vegetación en la zona cercana a la instalación para asegurar el mantenimiento de las distancia de seguridad respecto a los cables. Es importante destacar que además de que un programa efectivo de poda y limpieza de maleza es indispensable para poder ofrecer un servicio eléctrico continuo, esta actividad es también clave porque afecta directamente a la seguridad pública.

#### **4.3.2.5 Árboles bajo la línea que no afecta a la seguridad de la misma**

En el perfil de la traza, en los tramos de la línea proyectada en que exista arbolado, se dibujará la parábola de máxima flecha del conductor y por debajo de ella se trazará una parábola paralela a la primera a una distancia cuyo valor mínimo reglamentario es:

$$d = 1,5 + \frac{U}{150} (\text{metros})$$

Con un mínimo de 2 m. Siendo la U la tensión nominal en kV de la línea.

Se recomienda un valor de 4 m para tensiones iguales o inferiores a 50 kV. Las masas de arbolado o árboles aislados que, dibujados en el perfil en su máximo crecimiento interfieran con la línea, serán cortados por su base siguiendo lo establecido en las Normas de Seguridad especificadas en la ITT-11 Tala y poda de arbolado para paso de líneas aéreas de media tensión. Quedando libres de tala todos los demás por no afectar a la seguridad de la misma. En la siguiente figura 75 se muestra un ejemplo de un criterio para escoger los arboles a podar o derivar.

Figura 75. Perfil de traza para poda y talado de arboles.

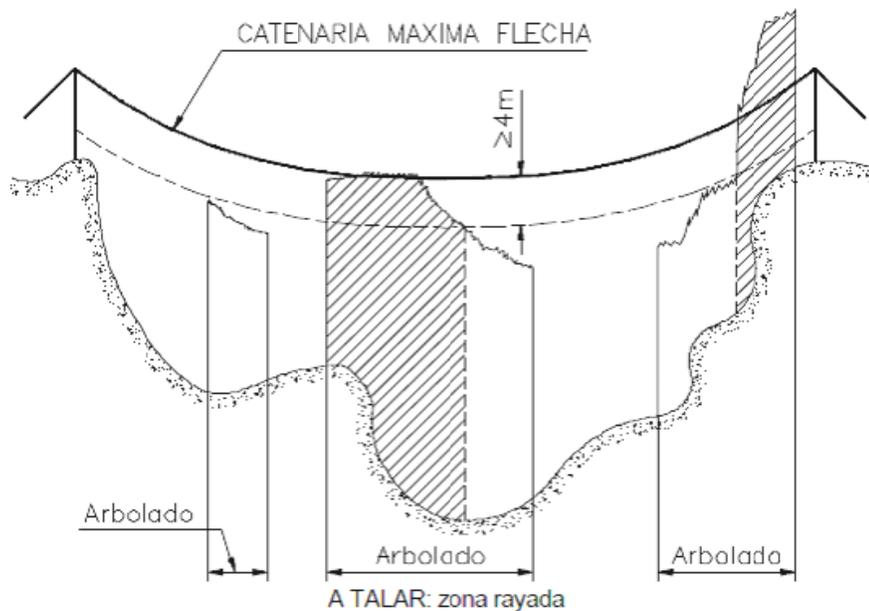


Figura 75, Practicas para poda y talado de árboles. Center Poin Energy. Página 2.

#### 4.3.2.6 Talado o poda necesarios en las líneas eléctricas

Además de las condiciones que hayan de establecerse según la clase de arbolado, hay que distinguir los dos casos generales siguientes:

- a) Cuando el árbol o masa de árboles bajo la línea, tienen o puedan alcanzar una altura que sitúe las puntas de sus ramas más cerca de los conductores de la línea, que la distancia que marcan los reglamentos.
- b) Cuando el árbol por crecimiento, flexión originada por el viento, o peligro de caída, pueda comprometer la explotación o seguridad de la línea.

Se deben distinguir tres casos según la especie de árboles.

- a) Árboles de especies bajas por naturaleza o poda, tales como: árboles frutales en general, avellanos, robles, y sauces, y los espinos que si bien se encuentran constituyendo matorral pueden llegar a formar árboles de poca talla. Estas clases de árboles pueden ser tolerados bajo la línea, siempre que los extremos de sus ramas superiores, sean mantenidos a una distancia de 4 metros del conductor más bajo. Sin embargo hay que exceptuar la vegetación baja constituida por jaras, zarzas o carrascales de especies leñosas, especialmente las resinosas, las que deberán ser taladas en toda la anchura de la línea en las condiciones de máximo desplazamiento horizontal, más una faja de 2 metros como mínimo a cada lado, para tensiones iguales o inferiores a 50 kV.
- b) Árboles correspondientes a especies de crecimiento lento, tales como: Árboles de especies frondosas: robles, hayas, olmos, castaños, nogales, alisos, abedules, moreras, tilos, acacias y falsas acacias. Árboles de especies resinosas: pinos silvestres, laricios, pinaster, piñoneros, carrasco y montana, abetos, cipreses y arces. Se talarán todos aquellos cuyas bases se encuentren a igual o menor distancia horizontal de 3 metros de la proyección vertical de los conductores extremos de la línea en su máximo desplazamiento horizontal.

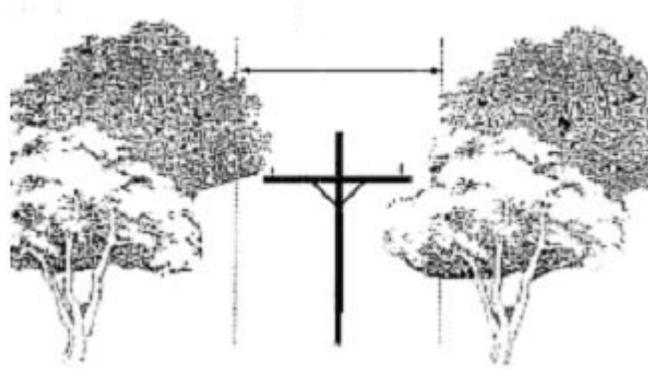
c) Árboles correspondientes a especies de crecimiento rápido y especies de troncos flexibles, tales como: Árboles de especies frondosas: eucaliptos, chopos, robles americanos y ailantos. Árboles de especies resinosas: pinos insignis y marítimo (pinaster del litoral cantábrico), ciprés de Lawson, abeto de Douglas y alerces. Se talarán todos aquellos cuyas bases se encuentran a igual o menor distancia horizontal que 5 metros de la proyección vertical de los conductores extremos de la línea en su máximo desplazamiento horizontal. El resto podrán ser respetados siempre que sean podados manteniendo una distancia horizontal mínima de 5 metros desde las puntas de las ramas a los conductores en las condiciones críticas citadas. Se recuerda que para los trabajos de poda y tala de arbolado se seguirá lo dispuesto en las normas de seguridad especificadas en la ITT-11 Tala y poda de arbolado para paso de líneas aéreas de media tensión.

Los que se hallen alejados podrán ser respetados siempre que sus ramas sean podadas de tal manera que las puntas de las mismas queden a una distancia horizontal del conductor extremo, superior a los 3 metros en las condiciones de máximo desplazamiento horizontal, para tensiones iguales o inferiores a 50 kV.

Con respecto a la poda hay que tener en cuenta que las especies frondosas producen nuevas ramas salidas de las yemas existentes en el trozo que queda de las ramas podadas, en tanto que en las especies resinosas no se producen tales retoños.

Debido a lo anterior se programa la actividad de poda, en líneas de distribución de media tensión en lugares donde la vegetación es extensa, estos programas se dan anualmente en los sectores como el área de la costa sur de Guatemala, ya que en este sector la vegetación como bambú, caña de azúcar, palmeras, tiende a un crecimiento bastante rápido debido a las condiciones del clima cálidas de este sector de Guatemala.

Figura 76. Líneas de media tensión con necesidad de poda.



Poda en líneas de media tensión, CFE.

#### 4.3.2.7 Causas por las cuales un árbol se puede podar

La poda es parte del mantenimiento que debe proporcionársele a los árboles urbanos y en áreas boscosas, con varias finalidades, como mejorar su condición sanitaria y estructura. Aunado a lo anterior, también se lleva a cabo esta actividad para evitar o corregir afectaciones a bienes muebles, inmuebles y personas.

- Árboles con copas desbalanceadas.
- Árboles que interfieran con líneas de conducción aérea.
- Árboles con ramas demasiado bajas que obstruyan el paso peatonal y vehicular.
- Árboles que impidan la correcta iluminación de luminarias y la visibilidad de señales de tránsito.
- Árboles que presenten ramas con riesgo a desgajarse sobre arroyos vehiculares, peatonales y espacios públicos.
- Árboles de porte alto que presenten riesgo a desplomarse y se requiera reducir su altura.

- Árboles establecidos en sitios inadecuados tales como banquetas angostas (menores a 1.5 metros de ancho), debajo de puentes peatonales o que interfieran con accesos, que ocasionen daños a marquesinas, bardas o la construcción de un inmueble.
- Árboles que presenten ramas muertas, moribundas, plagadas, débilmente unidas y amontonadas con brotes tendiendo hacia las líneas de distribución.

Cuando la poda de arboles o vegetación se realiza en líneas vivas se recomiendan las siguientes instrucciones, para la seguridad del personal que efectúa el trabajo.

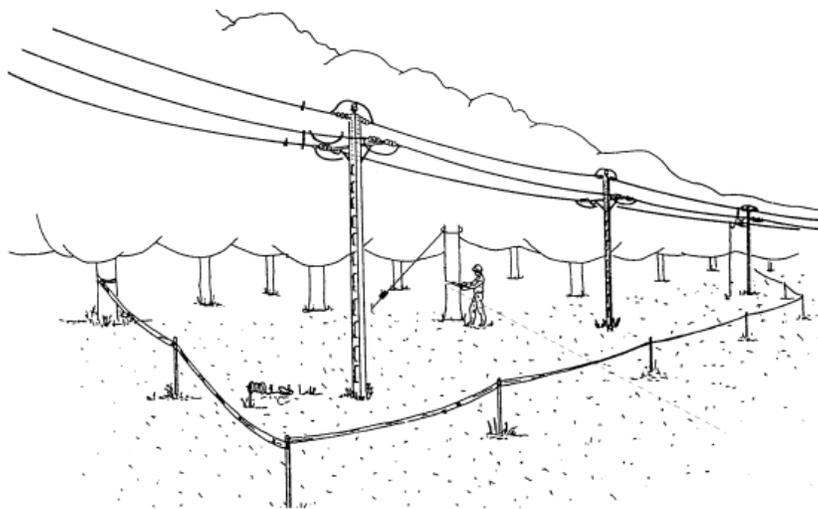
1. Señalizar el área de trabajo, para evitar cualquier accidente a personas, vehículos, animales que pasen por este punto mientras se realiza esta actividad.
2. Se debe de evaluar la condición del trabajo que se realizara, antes de que el personal empiece a realizar la poda respectiva.
3. Se indicara al personal en una reunión, como se realizara el trabajo.
4. El personal deberá portar equipo de trabajo personal para líneas vivas.
5. Cuando sea necesario se procederá a colocar cobertores sobre las líneas más cercanas al área de poda.
6. Siempre tiene que existir un supervisor ubicado en el suelo que indique y evalúe los movimientos que el personal, tendrá que efectuar en la poda.
7. La poda deberá efectuarse siempre de la parte baja del árbol hacia arriba.
8. El personal que esta trabajando en la poda, deberá prestar siempre atención a las instrucciones que le de, el supervisor que estará observando el trabajo desde el suelo.
9. Siempre tener en cuenta que la poda de arboles en líneas vivas, es un trabajo que requiere de la mayor concentración de parte de todo el personal que realice esta actividad.

10. Cuando se termine de realizar la poda en líneas vivas, dejar el área de trabajo limpia de basura y ramas de los arboles cortadas.
11. Retirar todas las herramientas empleadas en la operación, comprobando que no queda ninguna en la zona de trabajo.
12. Retirar las medidas de seguridad (tierras y cintas delimitadoras).
13. Comunicar a los operarios la finalización de los trabajos.
14. El Responsable de la Contrata dará aviso de la conclusión de los trabajos al Jefe de Turno del Centro de Maniobras de Distribución.

#### 4.3.2.8 Tala de árboles en líneas vivas

Como todos los seres vivos, los árboles son susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. También son en ocasiones objeto de vandalismo y en algunos casos pueden representar un riesgo, causando afectaciones a bienes muebles, inmuebles y personas, por lo que se requiere de su derribo.

Figura 77. Tala de arboles en líneas de media tensión.



Existen ocasiones donde la poda no es suficiente para mantener fuera de peligro el tendido de las líneas de distribución, ya que hay casos donde arboles completos amenazan con caer sobre el tendido de media tensión, es estos casos se debe a proceder a tala completa del árbol, para proteger completamente el sistema de distribución eléctrico. Figura 77.

Para realizar la tala de arboles se hacen las recomendaciones siguientes para evitar cualquier tipo de accidente durante la realización de esta actividad.

1. Antes de iniciar el derribo de un árbol, se deberán tomar en consideración los bienes muebles e inmuebles existentes en el área, el tránsito vehicular, infraestructura aérea, equipamiento urbano y todo aquello que pudiera afectarse o que impida maniobrar con facilidad.
2. Previo a los trabajos a realizar, se deberá notificar a la comunidad vecinal, a fin de retirar del sitio vehículos estacionados u otros obstáculos como puestos ambulantes, letreros y publicidad comercial sobre las banquetas, así como cableados clandestinos de energía eléctrica que pudiesen interferir dentro del área de trabajo.
3. Una vez determinada la dirección en que se desea abatir el árbol, colocar la escalera al pie del mismo. Subir por la escalera portando la cuerda de servicio y sujetar la bandola de seguridad a un punto firme.
4. Antes de dar inicio a esta actividad, se deberá acordonar el área de trabajo, además de colocar avisos que indiquen los trabajos a realizarse. Se deberá indicar claramente a los transeúntes por dónde y en qué momento podrán circular en las inmediaciones, para evitar accidentes y/o trastornos vehiculares.
5. La técnica a utilizar para el derribo de árboles en vía pública, predios particulares, zonas urbanas y áreas boscosas, iniciará desde la parte más baja, retirando ramas y troceando en tres partes como mínimo (terciado).

Asimismo, tanto en sitios públicos como privados, se utilizará la caída controlada, a fin de evitar accidentes y afectación a bienes muebles, inmuebles y peatones. La caída controlada deberá realizarse con la utilización de cuerdas con diámetro mínimo de 2 centímetros y medio.

6. Despejar de personal y herramientas la zona de seguridad previamente delimitada.
7. Efectuar un corte en forma de cuña utilizando la moto sierra en el sentido en que se desea abatir el árbol.
8. Efectuar otro corte por el lado contrario del árbol, procediendo simultáneamente a un tensado progresivo del tráctel por parte de otro operario.
9. Abatir el árbol en la dirección deseada.
10. Cortar las ramas y proceder al troceado del árbol utilizando la moto sierra.
11. Dejar el área de trabajo con todas las ramas del árbol lejos de la estructura dejando limpia el área alrededor del poste o postes trabajados.
12. Retirar todas las herramientas empleadas en la operación, comprobando que no queda ninguna en la zona de trabajo.
13. Retirar las medidas de seguridad (tierras y cintas delimitadoras).
14. Comunicar a los operarios la finalización de los trabajos.
15. El Responsable de la Contrata dará aviso de la conclusión de los trabajos al Jefe de Turno del Centro de Maniobras de Distribución.

#### **4.3.3 Limpieza general de tendido de cables aéreos y estructuras de media tensión en vivo**

En la líneas de distribución de media de 34.5kv y 13.8kv también se programa la limpieza general de estas, este trabajo generalmente se programa en vivo se realiza por personal calificado y con conocimiento de cómo manipular las herramientas que se utilizaran en la limpieza de líneas.

La herramienta que se deberá de portar cuando se realice la limpieza general de líneas es: pértiga de extensión, pértiga tipo pistola, escalera y cuando sea necesario se deberá utilizar grúa con canasta.

El objetivo de la limpieza general de líneas y de las estructuras eléctricas, es mantener los cables conductores y estructuras libres de cualquier objeto extraño que pueda existir en estos.

Como ejemplo de objetos extraños que pueden existir en cables conductores y estructuras son.

#### **4.3.3.1 Objetos extraños presentes en cables conductores**

A continuación se presenta una lista de los objetos más comunes encontrados, en las líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv.

- Ramas de arboles que fueron tiradas sobre los conductores o en zonas boscosas las ramas tienden a caer sobre los conductores de manera natural por el viento.
- Pedazos de hierro o cualquier otro objeto de metal que se encuentre colgando de las los conductores.
- Bolsas plásticas, papel, restos de ropa y zapatos colgando de cables de líneas de distribución.
- En Guatemala se da mucho el caso en el mes de noviembre de restos de barriletes o barriletes completos sobre cables de líneas de distribución.
- Lazos, pedazos de mangueras, cintas plásticas sobre cables de líneas de distribución.

### **4.3.3.2 Objetos extraños presentes en estructuras**

A continuación se presenta una lista de los objetos más comunes encontrados, en las estructuras de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv.

- Ramas de arboles que fueron tiradas sobre los conductores o en zonas boscosas las ramas tienden a caer sobre los conductores de manera natural por el viento.
- Nidos de aves sobre las estructuras de líneas de distribución.
- Pedazos de bolsas, papel y restos de ropa sobre estructuras de líneas de distribución.
- Barriletes sobre las estructuras de líneas de distribución.

## **4.4 Mantenimiento correctivo en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo**

Es aquel que cubre todas las actividades de mantenimiento para llevar a cabo la corrección o reparación de una falla en un equipo; es decir, que toda reparación de una falla planeada o no, es clasificada dentro de esta categoría. Con base en lo anterior, la actividad de mantenimiento correctivo se subdivide en dos grupos: correctivo planeado y correctivo no planeado.

El mantenimiento correctivo no planeado corresponde a mantenimiento de emergencias y fallas; es aquel que ocurre cuando la orden de trabajo llega al departamento de mantenimiento con menos de ocho horas para su ejecución. Este tipo de mantenimiento está relacionado con altos costos de mantenimiento y pérdidas en la producción.

Por el contrario, el mantenimiento correctivo planeado incrementa la disponibilidad y al mismo tiempo reduce los costos directos de esta actividad, baja la carga de trabajo de la unidad de mantenimiento y se incrementa la calidad de los trabajos. Para garantizar este mantenimiento, debe conocerse la condición del equipo por medio de la detección de fallas. El mantenimiento correctivo planeado puede ser:

**Mayor:** pretende alargar la vida útil a los objetos de mantenimiento, se presenta como consecuencia de un seguimiento continuo al estado del objeto de mantenimiento y posterior al análisis del ciclo de vida útil del equipo.

**Reemplazo de equipos:** puede ser necesario antes o después de la vida útil esperada del equipo y define cuál alternativa podría aceptarse como un reemplazo. El reemplazo puede ser causado por obsolescencia, rendimiento reducido o cambio de condiciones.

Las actividades de mantenimiento correctivo que se pueden realizar en líneas de media tensión distribución de 13.8kv y 34.5kv en vivo son las siguientes.

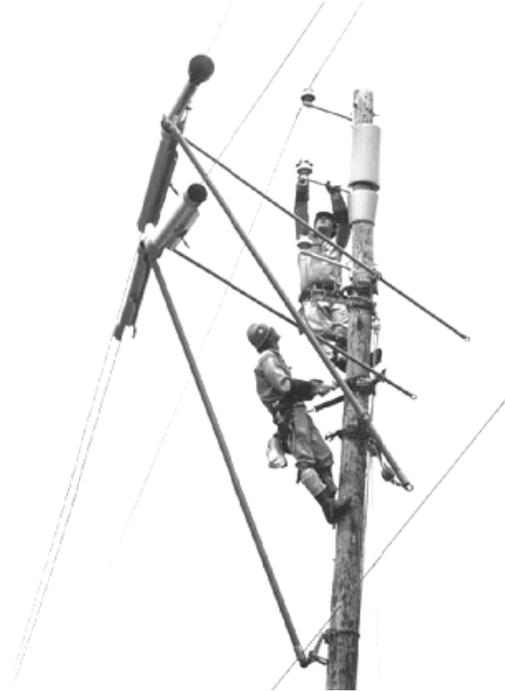
#### **4.4.1 Cambio de aislador de pin**

Los aisladores tipo pin en una estructura de media tensión suelen estar expuestos a condiciones climáticas severas, que pueden provocar daños irreparables en los aisladores, haciendo necesario un cambio de estos, las causas mas comunes que conducen al deterioro de este tipo de aislamiento podemos mencionar las siguientes causas.

- Suciedad acumulada.
- Descargas atmosféricas.
- Libranzas eléctricas mal calculadas.
- Disparos con armas de fuego directamente al aislamiento.

La técnica que se describirá para el cambio de un aislador de pin en vivo, será la técnica a distancia como se muestra en la siguiente figura 78.

Figura 78. Cambio de aislador de pin.



Maniobras de TCT de España (Grupo AMYS).

En la figura 78, se observa que tal como lo indica la técnica de distancia de trabajo en vivo con líneas de transmisión, se aleja el cable conductor a una distancia segura del liniero, utilizando para esto las pértigas de soporte de conductor, en la figura se observa el cable a una distancia segura del liniero mientras el cambia el aislador tipo pin de la estructura trifásica de media tensión de distribución.

Los pasos a seguir cuando se utiliza la técnica a distancia al cambiar aisladores de pin se pueden resumir de la siguiente manera.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.

- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va a utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizará.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollará y la técnica que se utilizará.
- Colocar cobertores si es necesario.
- Proceder a efectuar el cambio de aislador de pin utilizando la técnica de distancia.
- Retirar todo el equipo que se utilizó del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de aislador de pin.

#### **4.4.2 Cambio de aislador de suspensión**

Los aisladores suspensión en una estructura de media tensión suelen estar expuestos a las mismas condiciones climáticas severas, a las que están expuestas los aisladores tipo pin, que pueden provocar daños irreparables en los aisladores, haciendo necesario un cambio de estos.

Las causas más comunes que conducen al deterioro de este tipo de aislamiento son las mismas que en los aisladores tipo pin, podemos mencionar las siguientes causas.

- Suciedad acumulada.
- Descargas atmosféricas.
- Libranzas eléctricas mal calculadas.
- Disparos con armas de fuego directamente al aislamiento.

Figura 79. Cambio de aislador de suspensión.



Maniobras de TCT de España (Grupo AMYS).

La técnica que se describirá para el cambio de aisladores de suspensión será la técnica de contacto, en general esta es la técnica más utilizada para el cambio de aisladores de suspensión para líneas de media tensión de distribución de 34.5kv y 13.8kv.

Como ya se ha mencionado en esta técnica, los cobertores juegan un papel principal, en la figura 79, se puede apreciar como los cobertores ya están colocados sobre la estructura y sus diferentes componentes, para después empezar a efectuar el trabajo de cambio de aislador de suspensión, los pasos a seguir se pueden resumir de la siguiente manera.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Verificar la operatividad del brazo hidráulico del vehículo tipo grúa.

- Subir a la estructura de trabajo.
- Instalar los cobertores de protección.
- Instalar el equipo montacargas
- Retiro del aislador de suspensión defectuosos.
- Instalación de los aisladores de suspensión nuevos.
- Retiro del equipo montacargas.
- Retiro de los cobertores de protección.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de aislador de suspensión.

#### **4.4.3 Cambio de cortacircuito en vivo**

Los cortacircuitos son elementos de protección contra sobre corrientes, cuando se ha verificado el mal funcionamiento de estos elementos de protección se hace necesario también el cambio, también se puede presentar el problema de mala ubicación de estos y necesiten reacomodo sobre la estructura.

Recordando que los cortacircuitos son elementos que se encuentran siempre en serie en los circuitos de líneas de media tensión de distribución y cualquier otro circuitos eléctrico, cuando se manipule uno de estos elementos, siempre es necesario utilizar una bay pas aislado, para garantizar la continuidad del servicio mientras se esta trabajando en la reparación, cambio o reacomodo de un cortacircuito.

Las condiciones de deterioro de un cortacircuito son iguales a las del aislamiento en líneas de media tensión de distribución y son.

- Suciedad acumulada.

- Descargas atmosféricas.
- Libranzas eléctricas mal calculadas.
- Disparos con armas de fuego o cualquier otro objeto directamente al cortacircuito.

Figura 80. Conexión de puente aislado.



Maniobras de TCT de España (Grupo AMYS).

El método que se utiliza con mayor frecuencia para cambio de cortacircuitos es la técnica de contacto, en la figura 80, se puede observar que los cobertores ya se han colocado en su totalidad sobre la estructura, el liniero esta apunto de ejecutar la maniobra de colocar el by pass, para mantener la continuidad del servicio mientras se efectúa el cambio del cortacircuito, siendo este el paso mas importante que se deberá agregar al procedimiento de cambio de cortacircuito, el procedimiento se resume de la siguiente manera.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.

- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Verificar la operatividad del brazo hidráulico del vehículo tipo grúa.
- Subir a la estructura de trabajo.
- Instalar los cobertores de protección.
- Instalar el equipo montacargas
- Instalar el jumper by pass.
- Proceder a dar mantenimiento o cambio del cortacircuito.
- Si es cambio de cortacircuito, proceder a la instalación del cortacircuito nuevo.
- Retiro del jumper by pass.
- Retiro de los cobertores de protección de la estructura.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de cortacircuito.

#### **4.4.4 Cambio de seccionadores o cuchillas en vivo**

Los seccionadores se pueden energizar por cualquier lado y con la navaja en cualquier posición, siempre considere a los seccionadores como parte vivas hasta que hayan sido desenergizadas si se trabajaran de esta manera siempre hay que proceder a el aterrizamiento de los mismos, el contacto con las partes vivas de los seccionadores sin las protecciones necesarias, producen lesiones graves.

Los seccionadores son elementos de interrupción de circuitos, se utilizan tanto en subestaciones donde nunca se deben abrir bajo carga, en líneas de media tensión es también común utilizarlos, se utilizan generalmente en el circuito principal y también en el comienzo de derivaciones de una longitud considerable.

Los seccionadores en líneas de media tensión se pueden abrir bajo carga, pero se debe de utilizar el rompecargas, como se muestra en la figura 81, el rompecargas se utiliza como elemento de seguridad para el operario y para la línea de media tensión, ya que la función del rompecarga es eliminar el arco o flameo que se pudiera presentar a la hora de proceder a la apertura de un seccionador bajo carga. Cuando se ha verificado el mal funcionamiento de estos elementos de protección se hace necesario también el cambio, también se puede presentar el problema de mala ubicación de estos y necesiten reacomodo sobre la estructura.

Los seccionadores igual que los cortacircuitos son elementos que se encuentran siempre en serie en los circuitos de líneas de media tensión de distribución y cualquier otro circuitos eléctrico, cuando se manipule uno de estos elementos, siempre es necesario utilizar una bay pas aislado, para garantizar la continuidad del servicio mientras se esta trabajando en la reparación, cambio o reacomodo de un seccionador.

Figura 81. Apertura de cuchilla, con rompecargas.



Herramienta para trabajos con línea viva, Chance.

Las condiciones de deterioro de un seccionador son iguales a las del aislamiento en líneas de media tensión de distribución y son.

- Suciedad acumulada.
- Descargas atmosféricas.
- Libranzas eléctricas mal calculadas.
- Disparos con armas de fuego o cualquier otro objeto directamente al cortacircuito.

El método que se utiliza con mayor frecuencia para cambio de seccionadores es la técnica de contacto, en la figura 81, se puede observar que los cobertores ya se han colocado en su totalidad sobre la estructura, el liniero esta apunto de ejecutar la maniobra de colocar el by pass, para mantener la continuidad del servicio mientras se efectúa el cambio del seccionador.

Siendo este el paso mas importante que se deberá agregar al procedimiento de cambio de seccionador, para garantizar la continuidad del servicio eléctrico mientras se cambia, se da mantenimiento o reacomoda el seccionador, el procedimiento se resume de la siguiente manera.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Verificar la operatividad del brazo hidráulico del vehículo tipo grúa.

- Subir a la estructura de trabajo.
- Instalar los cobertores de protección.
- Instalar el equipo montacargas
- Instalar el jumper o by pass.
- Proceder a abrir el seccionador utilizando el rompecargas.
- Proceder a dar mantenimiento, cambio o reacomodo del seccionador.
- Si es cambio de seccionador, proceder a la instalación del seccionador nuevo.
- Proceder a cerrar el seccionador utilizando una pértiga.
- Retiro del jumper o by pass.
- Retiro de los cobertores de protección de la estructura.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de seccionador.

#### **4.4.5 Cambio de pararrayos en vivo**

Los pararrayos son elementos de protección contra sobre voltajes, cuando se ha verificado el mal funcionamiento de estos elementos de protección se hace necesario también el cambio, también se puede presentar el problema de mala ubicación de estos y necesiten reacomodo sobre la estructura.

Los pararrayos son elementos que se encuentran siempre en paralelo en los circuitos de líneas de media tensión de distribución y en cualquier otro circuito eléctrico, por lo anterior cuando se manipule un pararrayos no es necesario la utilización de un bay pass, para garantizar la continuidad del servicio.

Las condiciones de deterioro de un pararrayos son iguales a las del aislamiento en líneas de media tensión de distribución y son:

- Suciedad acumulada.
- Descargas atmosféricas.
- Libranzas eléctricas mal calculadas.
- Disparos con armas de fuego o cualquier otro objeto directamente al pararrayos.

Los procedimientos a seguir cuando se cambia un pararrayos en vivo en líneas de distribución son los siguientes.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Verificar la operatividad del brazo hidráulico del vehículo tipo grúa.
- Subir a la estructura de trabajo.
- Instalar los cobertores de protección.
- Instalar el equipo montacargas
- Proceder a dar mantenimiento o cambio del pararrayos.
- Si es cambio de pararrayos, proceder a la instalación del pararrayos nuevo.
- Retiro de los cobertores de protección de la estructura.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de pararrayos.

#### **4.4.6 Cambio de cruceros de madera y metal**

En los sistemas de distribución de media tensión de 13.8Kv y 34.5Kv, existen los cruceros de madera y de metal, los cruceros de madera con el paso del tiempo y debido a que en ocasiones se encuentran sometidos a condiciones climáticas muy adversas, tienden a deteriorarse lo cual hace indispensable el cambio de estos cruceros.

Generalmente cuando se sustituye un crucero de madera se hace por un crucero de metal, los cuales presentan una mejor resistencia a condiciones climáticas adversas.

##### **4.4.6.1 Cambio de cruceros en estructuras tipo cruz y tipo bandera sencillas, con la técnica de distancia**

Cuando una estructura de media tensión de 13.8kv o de 34.5kv cuenta solo con un crucero, se le denomina estructura tipo cruz o bandera sencilla, estas estructuras son las que se clasifican como tipo I y en ocasiones las estructuras tipo VI o de remate de línea.

Utilizando el método de distancia cuando se cambia un crucero en las estructuras de media tensión, se necesita utilizar un crucero auxiliar de varas aisladas, se utiliza este método para cambiar cruceros deteriorados en cualquier situación y en especial en lugares donde no es posible el acceso del carro tipo canasta y se puede trabajar únicamente con escaleras, este trabajo lo efectúa una cuadrilla de linieros para líneas vivas.

Se sigue el siguiente procedimiento.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalar las escaleras que se utilizaran en el desarrollo del trabajo.
- Subir a la estructura de trabajo.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores tipo pin y a las líneas de distribución.
- Proceder al armado del crucero auxiliar sobre la estructura.
- Asegurar las líneas al crucero auxiliar cerrando los seguros de las porta líneas.
- Se levanta el crucero auxiliar alejando las líneas del personal y dejando libre el crucero que se cambiara.
- Proceder al cambio de crucero de madera o de metal.
- Bajar el crucero auxiliar dejando las líneas sobre el nuevo crucero y proceder a asegurar las líneas a los aisladores de pin.
- Desarmar el crucero auxiliar.
- Retiro de los cobertores de protección de la estructura.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de cortacircuito.

#### **4.4.6.2 Cambio de cruceros en estructuras tipo cruz y tipo bandera sencillas, con la técnica de contacto**

Utilizando el método de contacto cuando se cambia un crucero en las estructuras de media tensión, se utilizan los carros tipo canasta se utiliza este método para cambiar cruceros deteriorados en cualquier situación y en lugares donde es posible el acceso del carro tipo canasta, este trabajo lo efectúa una cuadrilla de linieros para líneas vivas.

Se sigue el siguiente procedimiento.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores tipo pin y a las líneas de distribución.
- Proceder al armado del nuevo crucero en el lado opuesto del crucero a cambiar. Sobre la estructura.
- Asegurar las líneas al los aisladores de pin del nuevo crucero mediante los amarres respectivos.
- Proceder a desarmar totalmente el crucero dañado y retíralo de la estructura.
- Retiro de los cobertores de protección de la estructura.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.

- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de crucero.

#### **4.4.6.3 Cambio de cruceros en estructuras tipo cruz y tipo bandera doble con la técnica de contacto**

Cuando una estructura de media tensión de 13.8kv y 34.8kv tiene dos cruceros, es una estructura tipo V o VI.

En este tipo de estructuras también es posible efectuar trabajos en línea viva, utilizando la técnica de contacto para cambiar cruceros dobles deteriorados y cuando ingresa el carro canasta se realiza normalmente con 1 carro canasta, con una cuadrilla de linieros.

Para cambiar los cruceros se procede con el siguiente método.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores de suspensión y a las líneas de distribución.
- Se instala la nueva cruceta sobre la cruceta deteriorada.

- Se transfieren las líneas fase por fase desde el crucero deteriorado hacia el crucero nuevo utilizándose los tecles aislados y la pértiga eslabón en espiral que se coloca entre la cruceta y el teclé aislado.
- Proceder a desarmar totalmente el crucero dañado y retirarlo de la estructura.
- Retiro de los cobertores de protección de la estructura.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de crucero.

#### **4.4.7 Cambio de puentes en las estructuras de media tensión**

En las estructuras de media tensión de 13.8kv y 34.5kv de distribución, existen puentes realizados por medio de cable para diferentes aplicaciones, cuando estos puentes se deterioran debido generalmente a descargas atmosféricas, debido a estos daños es necesario cambiar los puentes dañados para evitar problemas posteriores en la red de distribución.

El método que se utiliza con mayor frecuencia para el cambio de puentes, se utiliza la técnica de contacto para trabajos en línea viva. Se utiliza este método para cambiar puentes deteriorados de cortacircuitos, cuchillas, estructuras tipo IV y V, cajas portafusibles. etc. Se realiza con 1 ó 2 carros tipo grúa canasta dependiendo del largo de los puentes a cambiar y de la complejidad del trabajo.

Para realizar el trabajo se sigue el siguiente procedimiento.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.

- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores de suspensión, aisladores de pin y a las líneas de distribución.
- Se coloca el puente aislado o bay-pass de acuerdo a la capacidad de ampere de la línea.
- Se procede a retirar el puente dañado.
- Se coloca el nuevo puente sustituyendo el puente dañado.
- Se retira el puente auxiliar aislado o bay-pass.
- Retiro de los cobertores de protección instalados en la estructura.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de crucero.

#### **4.4.8 Reparación de líneas dañadas en sistemas de distribución de media tensión**

Se utiliza este método para reparar líneas picadas o dañadas normalmente a consecuencia de un mal contacto, por descuido del cable cuando se transporta, mala manipulación del cable por los linieros o por una descarga atmosférica.

Se presentan dos casos de daños en las líneas de distribución de media tensión:

- 1) Cuando el daño es pequeño presentando la línea pocos hilos rotos.
- 2) Cuando el daño es grande presentando la línea muchos hilos arrancados.

En el primer caso se procede de la siguiente manera.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a las líneas de distribución.
- Se coloca la manga de reparación correspondiente al calibre de la línea.
- Se comprime la manga de reparación utilizando la maquina hidráulica manual aislada.
- Retiro de los cobertores de protección instalados en las líneas de distribución.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de reparación de líneas de distribución.

En el segundo caso se procede de la siguiente manera:

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores y las líneas de distribución, según sea el caso.
- Se coloca el tecele aislado para retirar la tensión de la línea en el tramo a reparar.
- Se coloca un puente aislado de acuerdo a la capacidad de amperaje de la línea de distribución.
- Se realiza el corte de la línea en la zona dañada,
- Se coloca la unión de acuerdo al calibre de la línea,
- Se comprime la unión utilizando la máquina hidráulica manual aislada.
- Se retira el puente auxiliar aislado y el tecele aislado.
- Retiro de los cobertores de protección instalados en las líneas de distribución.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de reparación de líneas de distribución.

#### **4.4.9 Cambio de postes chocados o deteriorados en líneas de media tensión**

Se utiliza este método cuando hay que cambiar un poste dañado por causas naturales o cuando un poste chocado por vehículos cuando están al lado de carreteras muy transitadas, Se utiliza uno o dos carros canastas dependiendo de la complejidad del trabajo y un carro tipo grúa.

Para ejecutar el trabajo se utiliza el siguiente procedimiento:

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores, al poste y a las líneas de distribución, según sea el caso.
- Se coloca el nuevo poste utilizando los protectores de poste.
- Se procede a vestir el nuevo poste, con todos los componentes tales como cruceros, aisladores de pin, aisladores de suspensión según sea el tipo de estructura a vestir.
- Se desamarran las líneas de los aisladores tipo pin en la cruceta del poste a cambiar.
- Se transfieren fase por fase las líneas hacia la nueva cruceta en el nuevo poste instalado.

- Se retiran todos los elementos tales como aisladores, cruceros, herrajes del poste que se encuentra en mal estado.
- Se retira el poste en mal estado.
- Retiro de los cobertores de protección instalados en las líneas de distribución y en el poste.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de cambio de poste en líneas de distribución.

## **5. CONVERSIONES DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.**

En los sistemas de distribución de líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv, existen circuitos de media tensión trifásicos, bifásicos y monofásicos. Estos circuitos de distribución de media tensión fueron construidos, para cumplir con las necesidades del sector o área donde se ubican, sin embargo con el paso del tiempo existen ocasiones donde por ejemplo un circuito bifásico existente, ya no es suficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios presentes en ese sector, debido al crecimiento de la población y por lo mismo el crecimiento de la demanda de energía.

Cuando surge la necesidad de modificar una red de distribución, de media tensión de 13.8kv o 34.5kv, por que el numero de fase presentes ya no satisface la demanda del sector o de algún cliente en especial, se procede a lo que se llama conversión de línea distribución de media tensión, este procedimiento permite satisfacer la necesidad actual de energía que el sector presenta.

Una conversión de línea eléctrica de media tensión de distribución, para redes de 13.8kv o 34.5kv, se puede resumir entonces, en el procedimiento que permite hacer el cambio de un circuito de red de distribución, modificando el número de fases presentes en el circuito actual.

Las conversiones de línea se pueden efectuar en líneas de distribución de media tensión y en las líneas de transmisión, en este capítulo se hace un enfoque a las conversiones de líneas de media tensión de distribución en vivo, generalmente este procedimiento se aplica mas a líneas de transmisión ya que el costo de dejar sin tensión una línea de transmisión es mucho mas grande que el de una línea de distribución.

Por lo cual en nuestro medio las conversiones de líneas de media tensión, que representan una modificación significativa en los circuitos de media tensión, generalmente se programa hacerlos sin tensión.

Entre los factores que condicionan efectuar una conversión de línea sin tensión, podemos mencionar los siguientes.

- Ubicación geográfica que no permite la buena aplicación de las técnicas de trabajos para media tensión.
- Malos accesos para los carros tipo grúa canasta, que se utilizan mucho en las conversiones de líneas.
- Condiciones climáticas adversas para aplicar las técnicas de trabajos para líneas vivas.
- Ubicación de las estructuras de media tensión con acceso solo para personal y no permite el acceso de ningún tipo de vehículo.
- Vano entre estructuras mayores a 100m y con accesos difíciles.
- Vegetación excesiva entre las estructuras, lo cual dificulta maniobras y comunicación.
- El lugar donde se efectuara la conversión de línea, no ofrece las condiciones mínimas de seguridad para el personal que trabajara en la conversión.

Cuando existen las condiciones para elaborar una conversión de línea de media tensión, los trabajos se programaran y realizaran con la ayuda de las técnicas para trabajos con líneas vivas descritas en el capítulo cuatro.

En este capítulo se indicará el procedimiento para conversiones de líneas de tramos pequeños de líneas, para lograr con esto la comprensión de lo que es una conversión de línea, que al final es el objetivo de este estudio.

En Guatemala las conversiones de línea que se realiza con mayor continuidad, es la conversión de línea monofásica a trifásica, este tipo de conversiones en muy común en el área rural, donde se presenta mucho el problema de líneas de media tensión con exceso de carga, lo cual provoca a los clientes en hora pico, un variación en el voltaje que reciben en sus viviendas, debido a la sobre carga de las líneas de distribución de media tensión. Las conversiones de líneas de media tensión para voltajes de 13.8kv y 34.5kv que se estudiaran en este capítulo son.

- Conversión monofásica a trifásica.
- Conversión monofásica a bifásica.
- Conversión bifásica a trifásica.

A continuación se presentan un listado de símbolos que se utilizaran para ejemplificar las conversiones de línea que se abarcaran en este capitulo, esta simbología la utilizan empresas que trabajan como contratadas para Unión Fenosa Guatemala, en el ramo de mantenimiento de líneas de media tensión. Tabla XXV.

Tabla XXV. Simbología para trazos de líneas.

<b>SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN CONVERSIONES DE LÍNEAS</b>	
<b>SÍMBOLO</b>	<b>NOMBRE</b>
	Línea de media tensión de 13.8kv o 34.5kv trifásica.
	Línea de media tensión de 13.8kv o 34.5kv bifásica.
	Línea de media tensión de 13.8kv o 34.5kv monofásica.
	Cortacircuito para línea 34.5kv o 13.8kv.
	Poste de concreto.
	Transformador de distribución para línea 34.5kv o 13.8kv.
	Ancla para poste sencilla.

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

## **5.1 Conversión de línea monofásica a trifásica de 13.8kv y 34.5kv en vivo**

Las conversiones de línea de media tensión de un circuito monofásico a un circuito Trifásico, es la conversión mas común en nuestro medio, el motivo mas frecuente para realizar una conversión de línea es perseguir, la mejora de la capacidad en el circuito de media tensión. Para evitar problemas de bajos niveles de voltaje en la red de baja tensión.

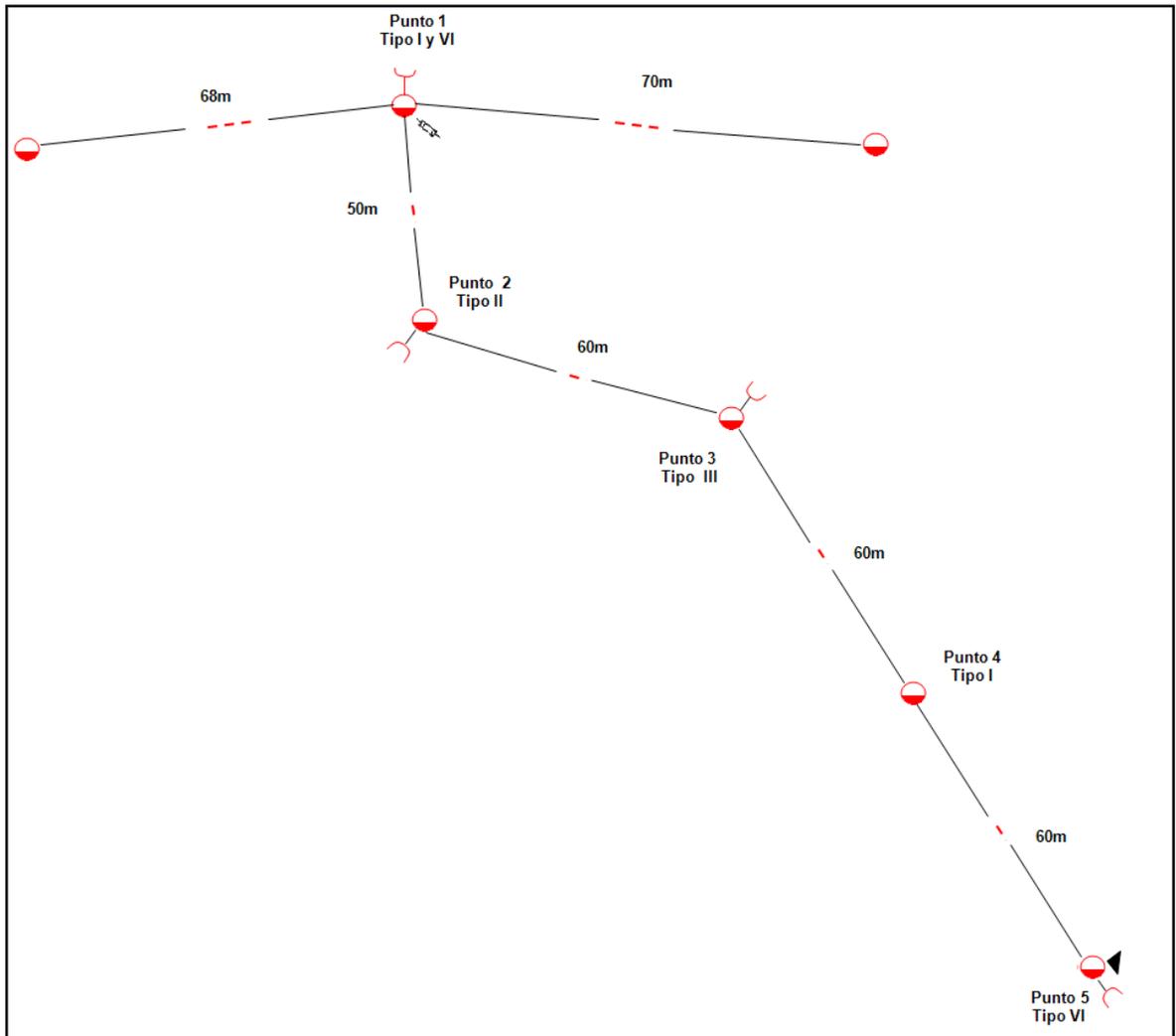
### **5.1.1 Condiciones para que se realice una conversión monofásica a trifásica en vivo**

Las condiciones que se presentan cuando se hace necesaria una conversión de línea, Monofásica a trifásica son.

- Existencia de bajo nivel de voltaje en toda o algunas áreas de la red de baja tensión, en las horas pico.
- Crecimiento de la demanda total de energía, debido a que se incorporaran nuevos circuitos a la red de media tensión existente.
- Necesidad de abastecer cargas trifásicas, que se incorporaran en el circuito de media tensión existente.

En la siguiente figura 82, se muestra un tramo de línea de distribución de media tensión, de la cual sale una derivación monofásica, esta derivación monofásica esta formada por cuatro tramos de línea, al final de la línea se encuentra el transformador de distribución que alimenta este tramo de media tensión.

Figura 82. Tramo de línea trifásica, con derivación monofásica.



Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

A continuación se presenta el material que se utiliza para la elaboración, de esta conversión monofásica a trifásica, el material se presenta por puntos definidos en la figura 82 y figura 83, también se presenta la cantidad de cable que se utilizara para esta conversión.

En esta conversión se asume que no es necesario el cambio de ninguno de los postes ya existentes en el circuito de media tensión monofásico existente, estos postes son de concreto como se puede observar en la simbología de la figura, el cable conductor que se proyecta para el nuevo circuito trifásico en ACSR 1/0.

Tabla XXVI. Material para estructura en punto 1. Figura 83.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO VI TRIFÁSICA DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera 8 pies.	2
Breissas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de rosca corrida 5/8 x 18.	3
Perno de ojo de 5/8 x 10.	1
Pernos de maquina 5/8 x 10.	2
Aisladores de suspensión tipo polímero para 13.8KV.	3
Tuercas de ojo 5/8.	3
Ganchos clevis.	3
Grapas de remate de 3 lañas.	3
Cortacircuitos para línea 13.8kv.	3
Abrazadera encajuelada para crucero de madera.	3
Arandelas de 5/8.	12
Arandelas de 1/2.	8
Pernos de carruaje 1/2 x 6.	8
Mts. de cinta de protección de aluminio.	3

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXVII. Material para ancla sencilla en punto 1, 3 y 5. Figura 83.

<b>MATERIAL PARA ANCLA SENCILLA EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Fijadores de ángulo.	1
Remates preformados 3/8.	2
Varilla de ancla doble.	1
Ancla de polipropileno.	1
Perno de maquina de 5/8 x 10.	1
Arandelas de 5/8.	2
Metros de cable galvanizado de 3/8.	12

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXVIII. Material para estructura en punto 2. Figura 83.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO II DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera de 8 pies.	2
Breissas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de carruaje de 1/2 x 6.	8
Pernos de rosca corrida de 5/8 x 18.	3
Arandelas cuadradas 5/8.	12
Arandelas cuadradas de 1/2.	8
Espigas para crucero de madera 13.8KV.	6
Aisladores de pin 13.8KV.	6
Pernos de maquina 5/8 x 10 para planchas.	3
Juegos de varillas de protección para cable 1/0.	3
Metros de alambre aluminio suave para amarre.	9

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXIX. Material para estructura en punto 3. Figura 83.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO III TRIFÁSICA DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera de 8 pies.	2
Breissas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de carruaje de 1/2 x 6.	8
Pernos de rosca corrida de 5/8 x 18.	3
Arandelas cuadradas 5/8.	12
Arandelas cuadradas de 1/2.	8
Espigas para crucero de madera 13.8KV.	6
Aisladores de pin 13.8KV.	6
Pernos de maquina 5/8 x 10 para planchas.	3
Biola para hilo neutro.	1
Juegos de varillas de protección para cable 1/0.	3
Metros de alambre aluminio suave para amarre.	9

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXX. Material para estructura en punto 4. Figura 83.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO I TRIFÁSICA DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Crucero de madera de 8 pies.	1
Breisa Angular doble para crucero de madera.	1
Abrazadera doble vía de 6 a 7.	1
Pernos de máquina de 5/8 x 10.	2
Perno de máquina de 5/8 x 14.	1
Espigas para crucero de madera.	3
Aisladores de pin para 13.8Kv.	3
Arandelas cuadradas de 5/8.	3
Metros de alambre suave de aluminio para amarre.	9
Juegos de varillas de protección 1/0.	3
Pernos de carruaje de 1/2 x 6.	4
Arandelas de 1/2.	4

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXI. Total de cable a utilizar para la conversión. Figura 83.

<b>CABLE TOTAL A UTILIZAR.</b>			
<b>Tramo.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Fases.</b>	<b>Total.</b>
Vanó del punto 1 al 2.	50	3	150
Vanó del punto 2 al 3.	60	3	180
Vanó del punto 3 al 4.	60	3	180
Vanó del punto 4 al 5.	60	3	180
Total de metros de cable ACSR 1/0.	230	3	690

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

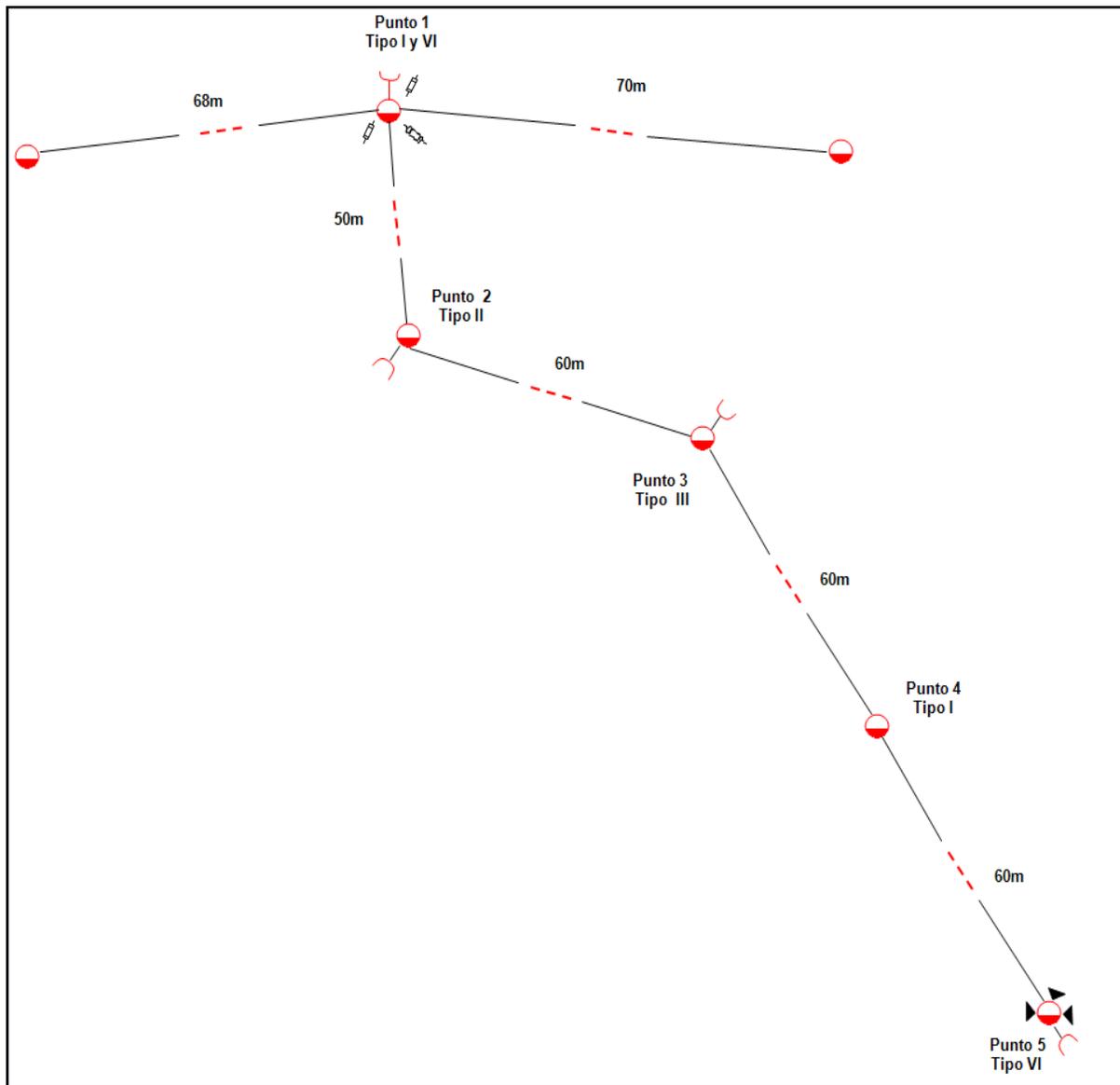
Tabla XXXII. Material para estructura en punto 5. Figura 83.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO VI TRIFÁSICA DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera 8 pies.	2
Breisas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de rosca corrida 5/8 x 18.	3
Perno de ojo de 5/8 x 10.	1
Pernos de máquina 5/8 x 10.	2
Aisladores de suspensión tipo polímero para 13.8KV.	3
Tuercas de ojo 5/8.	3
Ganchos clevis.	3
Grapas de remate de 3 lañas.	3
Arandelas de 5/8.	12
Arandelas de 1/2.	8
Pernos de carruaje 1/2 x 6.	8
Metros de cinta de protección de aluminio.	3

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

En la figura 83, podemos observar como queda el nuevo circuito monofásico que fue convertido a trifásico, en este caso esta línea trifásica de media tensión alimenta al banco de transformadores de distribución trifásico, que sustituye al transformador monofásico de la figura 82.

Figura 83. Tramo de línea trifásica, con conversión de derivación monofásica a trifásica.



Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

### **5.1.2 Procedimientos para desarrollar una conversión de línea monofásica a trifásica**

Los procedimientos que se efectúan antes de desarrollar una conversión de línea en media tensión son los siguientes:

- 1) Reconocimiento del área donde se efectuara la conversión de línea de media tensión.
- 2) Realización de inspección mediante un inspector profesional en conversiones de líneas de media tensión. El inspector realizara una inspección visual para indicar los pasos a seguir al momento de realizar la conversión de línea y llenara un formulario indicando todas las observaciones encontradas en el tramo de media tensión a trabajar, el inspector realizara las siguientes actividades.
  - Se especificara de que tipo de red de media tensión se estará manipulando, por ejemplo si es una red de media tensión de 34.5kv con hilo de guarda.
  - Realizar una inspección desde la primera estructura donde se realizara la conversión de línea.
  - Inspeccionara cada estructura indicando, todo el material que se utilizara en cada una. Este material será el herraje, aislamiento y tipo de cruceros que se utilizaran.
  - Inspeccionara el estado del poste actual y si este amerita cambio, reforzamiento, colocación de extensión octagonal o si necesita cambio de anclas.
  - Indicara si la estructura necesita algún cambio físicamente, por ejemplo si la estructura actual es una tipo I, podrá indicar que al efectuarse la conversión de línea la estructura cambiara a una tipo II.

- Tomara las distancias del vano entre cada estructura, mediante un GPS. O utilizando algún otro método.
- Indicara si se necesita hacer algún desvió de línea cuando se realice la conversión de línea.

### **5.1.3 Procedimientos para realizar una conversión monofásica a trifásica en vivo**

Existen varias maneras para realizar una conversión de línea, dependerá la mucho la Condición del terreno en el cual se este elaborando la conversión de línea, pero cuando se realiza una conversión de línea generalmente no solo se utiliza una técnica para trabajos con líneas vivas.

En la mayoría de casos siempre es necesario utilizar una combinación de las diferentes técnicas que existen, las dos técnicas que suelen utilizarse en conjunto para realizar una conversión de línea, son la técnica de contacto y la técnica de distancia, este será el método que se utilizará en los pasos siguientes.

Los pasos a seguir cuando se realiza una conversión de línea con los métodos de contacto y distancia son:

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.

- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta en cada estructura donde se pueda utilizar.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores, al poste y a las líneas de distribución, en las estructuras de inicio y fin de la conversión, según sea el caso.
- En la estructura de inicio y fin de la conversión se procederá a instalar los puentes aislados o by-pass, procediendo a elevar la línea en la parte mas alta del poste asegurándolo, mediante un aislador de suspensión provisional o mediante un tecele aislado.
- Cuando se ha cumplido con el paso anterior, se procederá a levantar la línea existente, mediante pértigas utilizando la técnica de distancia, también es recomendable colocar cobertores a la línea existente, para una mayor seguridad.
- Proceder a desmantelar cada estructura existente.
- Proceder a vestir todas las estructuras, con el herraje, aislamiento y retenidas de una estructura trifásica.
- Tender el cable de la primera fase, el criterio de cual lado se empezara a tender primero queda a criterio del inspector de campo, ya que el evaluara cual será la mejor manera de tender el cable.
- Tender la segunda fase del cable.
- Tender la tercera fase del cable.
- Proceder a tensar las tres fases tendidas a la tensión establecida y con la flecha también antes establecida.
- Energizar una de las fases de la nueva red trifásica, para así sustituir la fase que se tiene elevada y con puentes aislados.

- Desenergizar la fase que se mantiene elevada eliminando los puentes aislados y por ultimo proceder a bajar el cable elevado hacia el suelo con mucho cuidado, en este paso es de mucha utilidad los carro tipo grúa canasta.
- Energizar las dos fases restantes.
- Retiro de los cobertores de protección instalados en las líneas de distribución y en los postes.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de conversión monofásica a trifásica en líneas de distribución.

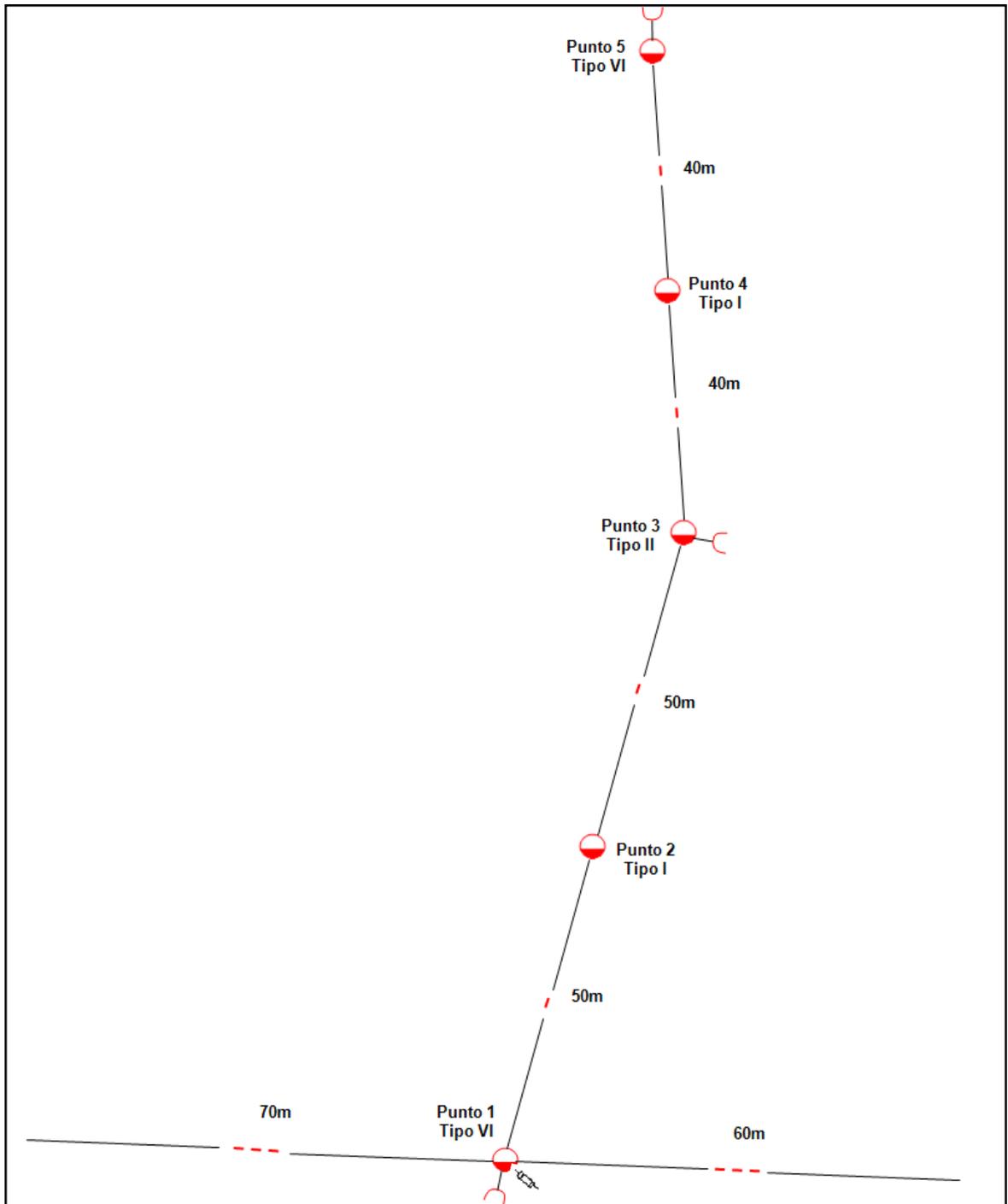
## **5.2 Conversión de línea de 13.8kv y 34.5kv monofásica a bifásica en vivo**

Las conversiones de línea de media tensión de un circuito monofásico a un circuito bifásico, es otra de las conversiones de líneas de media tensión que se pueden realizar, como en la conversión de línea monofásica a trifásica. Figura 84.

El motivo mas frecuente para realizar una conversión de línea es perseguir, la mejora de la capacidad en el circuito de media tensión. Para evitar problemas de bajos niveles de voltaje en la red de baja tensión.

A continuación se presenta el material que se utilizara para elaborar esta conversión, según los puntos indicados en las figuras 84 y 85, en este caso el voltaje será de 34.5kv el cable que se utilizara, es ACSR 1/0 como en el caso anterior.

Figura 84. Tramo de línea trifásica, con derivación monofásica.



Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXIII. Material para estructura en punto 1. Figura 85.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO VI BIFÁSICA DE 34.5KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera 6 pies.	2
Breissas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de rosca corrida 5/8 x 18.	2
Perno de ojo de 5/8 x 10.	1
Pernos de máquina 5/8 x 10.	2
Aisladores de suspensión tipo polímero para 34.5KV.	2
Cortacircuito para línea 34.5kv.	2
Abrazadera encajuelada para crucero de madera.	2
Tuercas de ojo 5/8.	2
Ganchos clevis.	2
Grapas de remate de 3 lañas.	2
Arandelas de 5/8.	8
Arandelas de 1/2.	6
Pernos de carruaje 1/2 x 6.	6
Metros de cinta de protección de aluminio.	2

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXIV. Material para ancla sencilla en punto 1, 3 y 5. Figura 85.

<b>MATERIAL PARA ANCLA SENCILLA EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Fijadores de ángulo.	1
Remates preformados 3/8.	2
Varilla de ancla doble.	1
Ancla de polipropileno.	1
Perno de maquina de 5/8 x 10.	1
Arandelas de 5/8.	2
Metros de cable galvanizado de 3/8.	12

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXV. Material para estructura en punto 2 y 4. Figura 85.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO II BIFÁSICA DE 34.5KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera de 6 pies.	2
Breissas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de carruaje de 1/2 x 6.	8
Pernos de rosca corrida de 5/8 x 18.	3
Arandelas cuadradas 5/8.	12
Arandelas cuadradas de 1/2.	8
Espigas para crucero de madera 34.5KV.	4
Aisladores de pin 34.5KV.	4
Juegos de varillas de protección para cable 1/0.	2
Metros de alambre aluminio suave para amarre.	6

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXVI. Material para estructura en punto 3. Figura 85.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO I BIFÁSICA DE 34.5KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Crucero de madera de 6 pies.	1
Breisa Angular doble para crucero de madera.	1
Pernos de maquina de 5/8 x 10.	2
Perno de maquina de 5/8 x 14.	1
Espigas para crucero de madera.	2
Aisladores de pin para 34.5Kv.	2
Arandelas cuadradas de 5/8.	2
Metros de alambre suave de aluminio para amarre.	6
Juegos de varillas de protección 1/0.	2
Pernos de carruaje de 1/2 x 6.	4
Arandelas de 1/2.	4

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXVII. Total de cable a utilizar para la conversión. Figura 85.

<b>CABLE TOTAL A UTILIZAR.</b>			
<b>Tramo.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Fases.</b>	<b>Total.</b>
Vanó del punto 1 al 2.	50	3	150
Vanó del punto 2 al 3.	50	3	150
Vanó del punto 3 al 4.	40	3	120
Vanó del punto 4 al 5.	40	3	120
Total de metros de cable ACSR 1/0.	180	3	440

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXVIII. Material para estructura en punto 5. Figura 85.

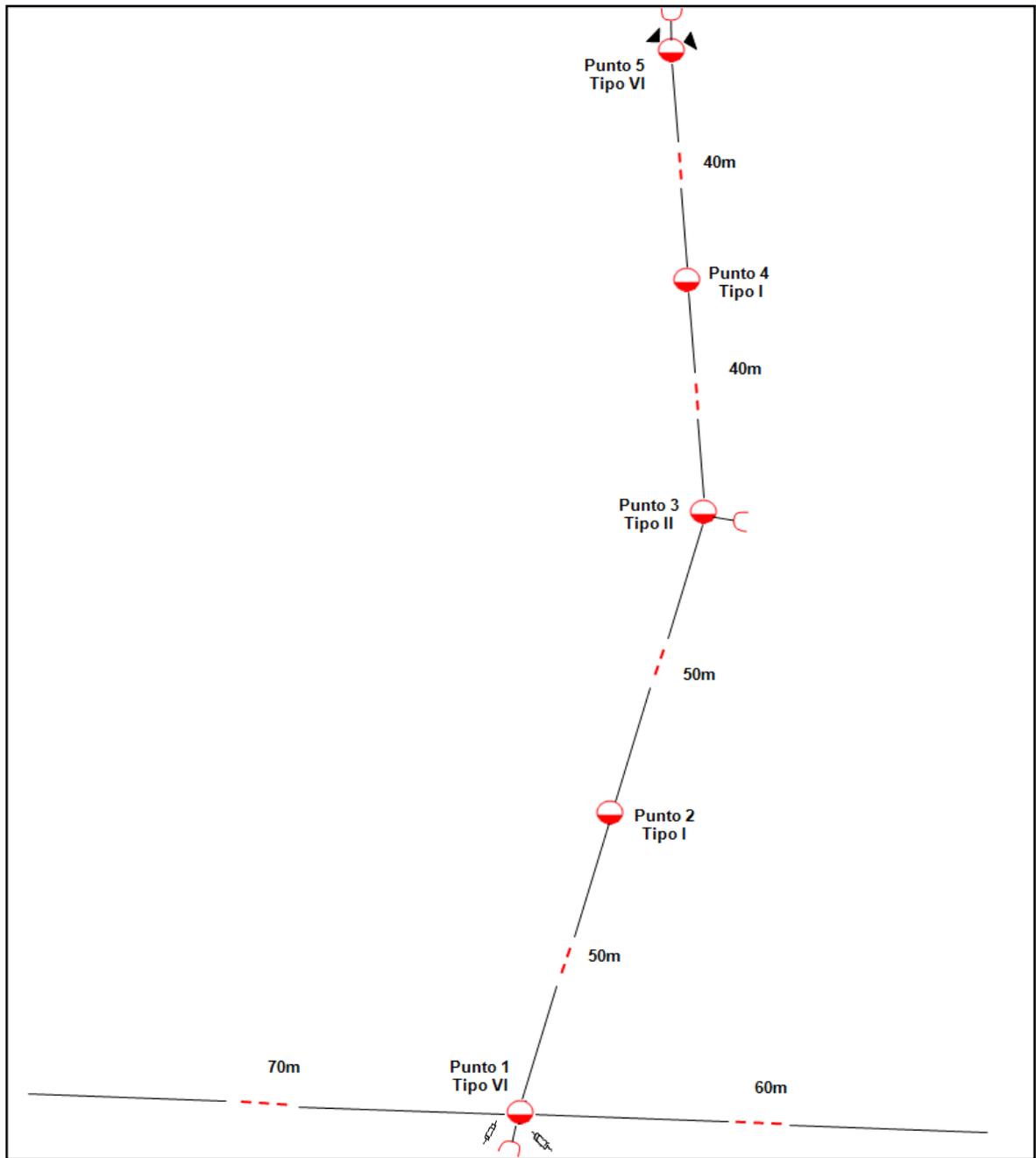
<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO VI BIFÁSICA DE 34.5KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera 6 pies.	2
Breissas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de rosca corrida 5/8 x 18.	2
Perno de ojo de 5/8 x 10.	1
Pernos de máquina 5/8 x 10.	2
Aisladores de suspensión tipo polímero para 34.5KV.	2
Tuercas de ojo 5/8.	2
Ganchos clevis.	2
Grapas de remate de 3 lañas.	2
Arandelas de 5/8.	8
Arandelas de 1/2.	8
Pernos de carruaje 1/2 x 6.	8
Metros de cinta de protección de aluminio.	2

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

En la figura 84, se presenta un circuito trifásico con una derivación monofásica, en el circuito monofásico se realizara la conversión de monofásica a bifásica.

Este nuevo circuito se muestra en la figura 85, donde se observa ya la conversión de línea realizada.

Figura 85. Tramo de línea trifásica, con conversión de derivación monofásica a bifásica.



Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

### **5.2.1 Condiciones para que se realice una conversión monofásica a bifásica en vivo**

Las condiciones que se presentan cuando se hace necesaria una conversión de línea, monofásica a bifásica son.

- Existencia de bajo nivel de voltaje en toda o algunas áreas de la red de baja tensión, en las horas pico.
- Crecimiento de la demanda total de energía, debido a que se incorporaran nuevos circuitos a la red de media tensión existente.
- Necesidad de abastecer cargas nuevas, que se incorporaran en el circuito de media tensión existente.

### **5.2.2 Procedimientos para desarrollar una conversión de línea monofásica a bifásica**

Los procedimientos que se efectúan antes de desarrollar una conversión de línea en media tensión son los siguientes.

- 1) Reconocimiento del área donde se efectuara la conversión de línea de media tensión.
- 2) Realización de inspección mediante un inspector profesional en conversiones de líneas de media tensión. El inspector realizara una inspección visual para indicar los pasos a seguir al momento de realizar la conversión de línea y llenara un formulario indicando todas las observaciones encontradas en el tramo de media tensión a trabajar, el inspector realizara las siguientes actividades.

- Se especificara de que tipo de red de media tensión se estará manipulando, por ejemplo si es una red de media tensión de 34.5kv con hilo de guarda.
- Realizar una inspección desde la primera estructura, donde se realizara la conversión de línea.
- Inspeccionara cada estructura indicando, todo el material que se utilizara en cada una. Este material será el herraje, aislamiento y tipo de cruceros que se utilizaran.
- Inspeccionara el estado del poste actual y si este amerita cambio, reforzamiento, colocación de extensión octagonal o si necesita cambio de anclas.
- Indicara si la estructura necesita algún cambio físicamente, por ejemplo si la estructura actual es una tipo I, podrá indicar que al efectuarse la conversión de línea la estructura cambiara a una tipo II.
- Tomara las distancias del vano entre cada estructura, mediante un GPS o utilizando algún otro método.
- Indicara si se necesita hacer algún desvío de línea cuando se realice la conversión de línea.

### **5.2.3 Procedimientos para realizar una conversión monofásica a bifásica en vivo**

Existen varias maneras para realizar una conversión de línea, dependerá la mucho la condición del terreno en el cual se este elaborando la conversión de línea, pero cuando se realiza una conversión de línea generalmente no solo se utiliza una técnica para trabajos con líneas vivas.

En la mayoría de casos siempre es necesario utilizar una combinación de las diferentes técnicas que existen, las dos técnicas que suelen utilizarse en conjunto para realizar una conversión de línea, son la técnica de contacto y la técnica de distancia, este será el método que se utilizara en los pasos siguientes.

Los pasos a seguir cuando se realiza una conversión de línea con los métodos de contacto y distancia son:

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.
- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta en cada estructura donde se pueda utilizar.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores, al poste y a las líneas de distribución, en las estructuras de inicio y fin de la conversión, según sea el caso.
- En la estructura de inicio y fin de la conversión se procederá a instalar los puentes aislados o by-pass, procediendo a elevar la línea en la parte mas alta del poste asegurándolo, mediante un aislador de suspensión provisional o mediante un tecele aislado.
- Cuando se ha cumplido con el paso anterior, se procederá a levantar la línea existente, mediante pértigas utilizando la técnica de distancia, también se recomienda colocar cobertores a la línea existente, para una mayor seguridad.
- Proceder a desmantelar cada estructura existente.

- Proceder a vestir todas las estructuras, con el herraje, aislamiento y retenidas de una estructura bifásica.
- Tender el cable de la primera fase, el criterio de cual lado se empezara a tender primero queda a criterio del inspector de campo, ya que el evaluara cual será la mejor manera de tender el cable.
- Tender la segunda fase del cable.
- Proceder a tensar las dos fases tendidas a la tensión establecida y con la flecha también antes establecida.
- Energizar una de las fases de la nueva red bifásica, para así sustituir la fase que se tiene elevada y con puentes aislados.
- Desenergizar la fase que se mantiene elevada eliminando los puentes aislados y por ultimo proceder a bajar el cable elevado hacia el suelo con mucho cuidado, en este paso es de mucha utilidad los carro tipo grúa canasta.
- Energizar la fase restante.
- Retiro de los cobertores de protección instalados en las líneas de distribución y en los postes.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de conversión monofásica a bifásica en líneas de distribución.

### **5.3 Conversión de línea de 13.8kv y 34.5kv bifásica a trifásica en vivo**

Como se menciona al inicio, las conversiones de líneas de media tensión en vivo, debido a la complejidad que presenta el terreno u otros circuitos de media tensión cercanos al área, donde se desarrollara la conversión de línea, la opción de hacer estos trabajos con línea viva son complicadas desde el punto de vista técnico.

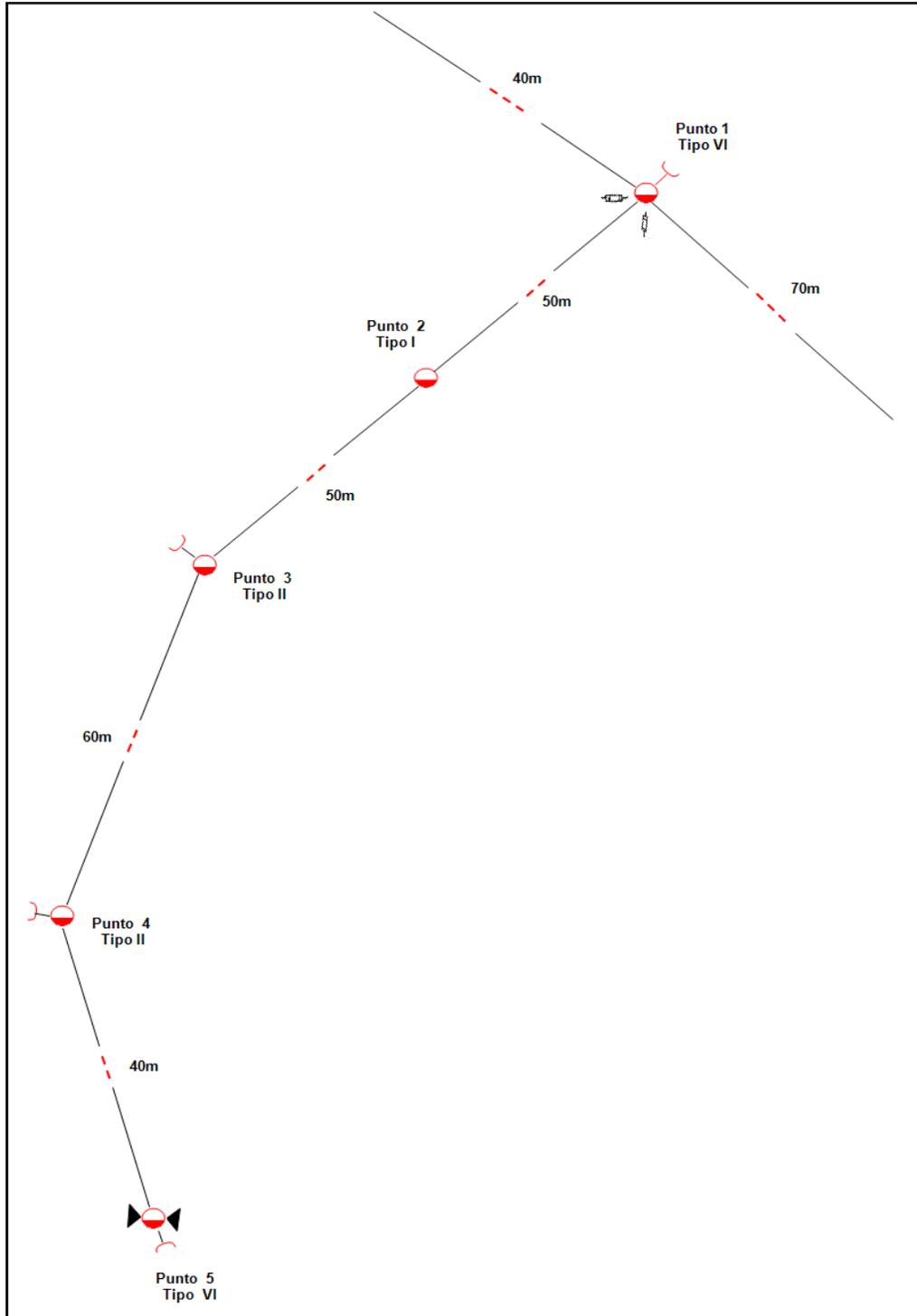
La conversión de línea de media tensión bifásica a trifásica, es la mas complicada de realizar en vivo, de las conversiones que se tocan es este texto, debido a la presencia de dos circuitos energizados, las maniobras que el personal realizara en este tipo de conversión deberán ser sumamente estudiadas y entendidas por todo el personal.

En esta conversión se utiliza más personal, equipo para trabajos en líneas vivas y también más vehículos tipo grúa con canasta. Debido a que presenta más complejidades en el momento de efectuar las maniobras en campo.

En la figura 86, se presenta el circuito de la línea que se trabajara, el voltaje para esta conversión es de 13.8kv, el calibre del cable que se utilizara será ACSR 1/0, como en los casos anteriores, todos los postes de concreto se encuentran en buen estado, por lo cual ningún poste necesita ser cambiado, al momento de efectuar la conversión bifásica a trifásica.

Para esta conversión se presenta el listado de material que se utilizara, en cada punto indicado en las figuras 86 y 87, como en los dos casos anteriores.

Figura 86. Tramo de línea trifásica, con derivación bifásica.



Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXIX. Material para estructura en punto 1. Figura 87.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO VI TRIFÁSICA DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera 8 pies.	2
Breissas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de rosca corrida 5/8 x 18.	3
Perno de ojo de 5/8 x 10.	1
Pernos de máquina 5/8 x 10.	2
Aisladores de suspensión tipo polímero para 13.8KV.	3
Tuercas de ojo 5/8.	3
Ganchos clevis.	3
Grapas de remate de 3 lañas.	3
Cortacircuitos para línea 13.8kv.	3
Abrazadera encajuelada para crucero de madera.	3
Arandelas de 5/8.	12
Arandelas de 1/2.	8
Pernos de carruaje 1/2 x 6.	8
Mts. de cinta de protección de aluminio.	3

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXX. Material para ancla sencilla en punto 1, 3,4 y 5. Figura 87.

<b>MATERIAL PARA ANCLA SENCILLA EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Fijadores de ángulo.	1
Remates preformados 3/8.	2
Varilla de ancla doble.	1
Ancla de polipropileno.	1
Perno de máquina de 5/8 x 10.	1
Arandelas de 5/8.	2
Metros de cable galvanizado de 3/8.	12

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXXI. Material para estructura en punto 2. Figura 87.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO I TRIFÁSICA DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Crucero de madera de 8 pies.	1
Breisa Angular doble para crucero de madera.	1
Abrazadera doble vía de 6 a 7.	1
Pernos de máquina de 5/8 x 10.	2
Perno de máquina de 5/8 x 14.	1
Espigas para crucero de madera.	3
Aisladores de pin para 13.8Kv.	3
Arandelas cuadradas de 5/8.	3
Metros de alambre suave de aluminio para amarre.	9
Juegos de varillas de protección 1/0.	3
Pernos de carruaje de 1/2 x 6.	4
Arandelas de 1/2.	4

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXXII. Material para estructura en punto 3 Y 4. Figura 87.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO II DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera de 8 pies.	2
Breisas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de carruaje de 1/2 x 6.	8
Pernos de rosca corrida de 5/8 x 18.	3
Arandelas cuadradas 5/8.	12
Arandelas cuadradas de 1/2.	8
Espigas para crucero de madera 13.8KV.	6
Aisladores de pin 13.8KV.	6
Pernos de maquina 5/8 x 10 para planchas.	3
Juegos de varillas de protección para cable 1/0.	3
Metros de alambre aluminio suave para amarre.	9

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXXIII. Total de cable a utilizar para la conversión. Figura 87.

<b>CABLE TOTAL A UTILIZAR.</b>			
<b>Tramo.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Fases.</b>	<b>Total.</b>
Vanó del punto 1 al 2.	50	3	150
Vanó del punto 2 al 3.	50	3	150
Vanó del punto 3 al 4.	60	3	180
Vanó del punto 4 al 5.	40	3	120
Total de metros de cable ACSR 1/0.	200	3	600

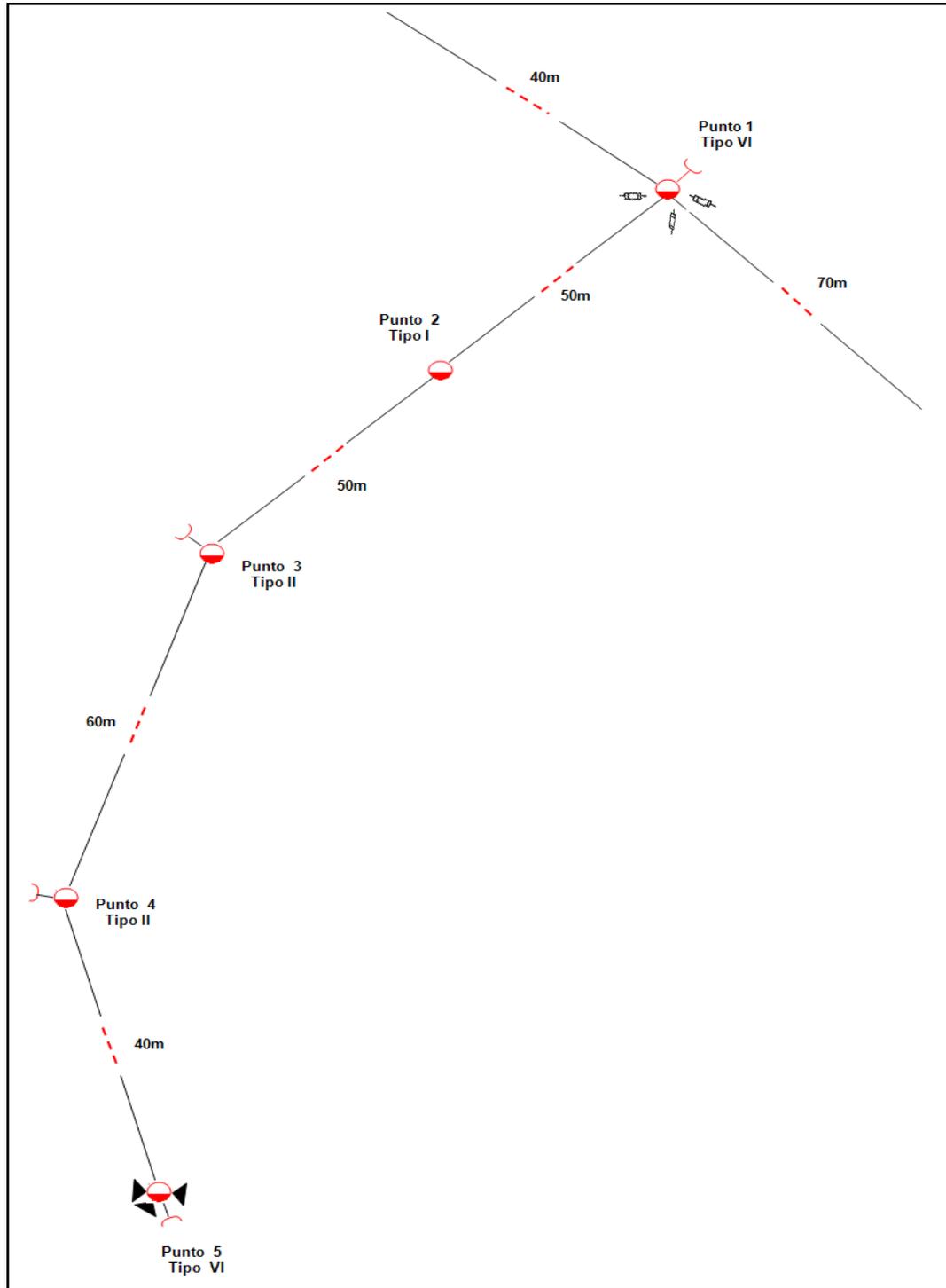
Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Tabla XXXXIV. Material para estructura en punto 5. Figura 87.

<b>MATERIAL PARA ESTRUCTURA TIPO VI TRIFÁSICA DE 13,8KV, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Cruceros de madera 8 pies.	2
Breisas angular doble para crucero de madera.	2
Pernos de rosca corrida 5/8 x 18.	3
Perno de ojo de 5/8 x 10.	1
Pernos de máquina 5/8 x 10.	2
Aisladores de suspensión tipo polímero para 13.8KV.	3
Tuercas de ojo 5/8.	3
Ganchos clevis.	3
Grapas de remate de 3 lañas.	3
Arandelas de 5/8.	12
Arandelas de 1/2.	8
Pernos de carruaje 1/2 x 6.	8
Metros de cinta de protección de aluminio.	3

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Figura 87. Tramo de línea trifásica, con conversión de derivación bifásica a trifásica.



Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

### **5.3.1 Condiciones para que se realice una conversión bifásica a trifásica en vivo**

Las condiciones que se presentan cuando se hace necesaria una conversión de línea, bifásica a trifásica son.

- Existencia de bajo nivel de voltaje en toda o algunas áreas de la red de baja tensión, en las horas pico.
- Crecimiento de la demanda total de energía, debido a que se incorporaran nuevos circuitos a la red de media tensión existente.
- Necesidad de abastecer cargas trifásicas, que se incorporaran en el circuito de media tensión existente.

### **5.3.2 Procedimientos para desarrollar una conversión de línea bifásica a trifásica**

Los procedimientos que se efectúan antes de desarrollar una conversión de línea en media tensión son los siguientes.

- 1) Reconocimiento del área donde se efectuara la conversión de línea de media tensión.
- 2) Realización de inspección mediante un inspector profesional en conversiones de líneas de media tensión. El inspector realizara una inspección visual para indicar los pasos a seguir al momento de realizar la conversión de línea y llenara un formulario indicando todas las observaciones encontradas en el tramo de media tensión a trabajar, el inspector realizara las siguientes actividades.

- Se especificará qué tipo de red de media tensión se estará manipulando, por ejemplo si es una red de media tensión de 34.5kv con hilo de guarda.
- Realizar una inspección desde la primera estructura, donde se realizara la conversión de línea.
- Inspeccionará cada estructura indicando, todo el material que se utilizara en cada una. Este material será el herraje, aislamiento y tipo de cruceros que se utilizaran.
- Inspeccionará el estado del poste actual y si este amerita cambio, reforzamiento, colocación de extensión octagonal o si necesita cambio de anclas.
- Indicara si la estructura necesita algún cambio físicamente, por ejemplo si la estructura actual es una tipo I, podrá indicar que al efectuarse la conversión de línea la estructura cambiara a una tipo II.
- Tomará las distancias del vano entre cada estructura, mediante un GPS o utilizando algún otro método.
- Indicará si se necesita hacer algún desvío de línea cuando se realice la conversión de línea.

### **5.3.3 Procedimientos para realizar una conversión bifásica a trifásica en vivo**

Los pasos a seguir cuando se realiza una conversión de línea con los métodos de contacto y distancia son:

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Verificar condiciones meteorológicas óptimas en la zona de trabajo.

- Planear y reunirse con el personal para informar del trabajo a efectuar y la técnica a utilizar en el lugar de trabajo.
- Señalizar y delimitar las zonas de trabajo.
- Instalación y posicionamiento del carro grúa tipo canasta en cada estructura donde se pueda utilizar.
- Verificar funcionamiento adecuado del carro grúa tipo canasta.
- Instalar los cobertores de protección a los aisladores, al poste y a las líneas de distribución, en las estructuras de inicio y fin de la conversión, según sea el caso.
- En la estructura de inicio y fin de la conversión se procederá a instalar los puentes aislados o by-pass, procediendo a elevar la línea en la parte mas alta del poste asegurándolo, una manera es colocar crucero provisional con aisladores de suspensión provisional, mediante un tecele aislado.
- Cuando se ha cumplido con el paso anterior, se procederá a levantar la línea existente, mediante pértigas utilizando la técnica de distancia, también se recomienda colocar cobertores a la línea existente, para una mayor seguridad.
- También se utiliza carros tipo grúa con cruceros provisionales, para sostener la línea mientras se realizan los trabajos en línea viva. En estos pasos la decisión final de que tipo de equipo utilizar, la tiene el inspector de campo según sean las condiciones del campo de trabajo.
- Proceder a desmantelar cada estructura existente.
- Proceder a vestir todas las estructuras, con el herraje, aislamiento y retenidas de una estructura bifásica.
- Tender el cable de la primera fase, el criterio de cual lado se empezara a tender primero queda a criterio del inspector de campo, ya que el evaluara cual será la mejor manera de tender el cable.
- Tender la segunda fase del cable.

- Proceder a tensar las dos fases tendidas a la tensión establecida y con la flecha también antes establecida.
- Energizar una de las fases de la nueva red bifásica, para así sustituir la fase que se tiene elevada y con puentes aislados.
- Desenergizar la fase que se mantiene elevada eliminando los puentes aislados y por ultimo proceder a bajar el cable elevado hacia el suelo con mucho cuidado, en este paso es de mucha utilidad los carro tipo grúa canasta.
- Energizar la fase restante.
- Retiro de los cobertores de protección instalados en las líneas de distribución y en los postes.
- Retiro y adecuación en el vehículo de los equipos, herramientas y materiales utilizados.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de conversión monofásica a bifásica en líneas de distribución.



## **6. MEJORAS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN DE 13.8KV Y 34.5KV EN VIVO.**

### **6.1 Descripción de mejoras en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv**

Dada la importancia cada vez mayor que tiene para la sociedad moderna el asegurar el funcionamiento ininterrumpido de un creciente número de equipos eléctricos y electrónicos destinados a dar soporte a muy diversas actividades, fundamentales para ella, cobra una particular importancia el poder brindar a estos equipos un suministro eléctrico confiable y de calidad.

En los cada vez más complejos sistemas industriales modernos, especialmente aquellos que se encuentran conformados por grandes cantidades de equipos electrónicos sensibles a las perturbaciones eléctricas, surge la necesidad de asegurar la continuidad en la operación de los mismos.

Para garantizar un sistema de distribución de media tensión eficiente, se necesita hacer correcciones en el diseño original de una línea de distribución, ya que con el paso del tiempo como se ha mencionado en los capítulos anteriores, el número de usuarios que tiene una línea de distribución siempre está en continuo aumento.

Por lo anterior, se necesita hacer conversiones de líneas de media tensión y también surge la necesidad de introducir mejoras en el sistema de distribución de media tensión, las mejoras que generalmente son necesarias son.

- Mejora de bajada a tierra de transformadores de distribución.
- Mejora de bajada a tierra de pararrayos.
- Mejora de bajada a tierra de hilos de guarda.

- Proyección de cortacircuitos.
- Proyección de pararrayos.

En el presente capítulo se abarcara el tema de la importancia que tienen las bajadas a tierra, en los sistemas de distribución de media tensión y del por que de la necesidad de un continuo mantenimiento de estos sistemas, también se abarcara el tema de proyección de pararrayos y cortacircuitos.

## **6.2 Importancia de los sistemas de bajada a tierra en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv**

Es bien sabido que la mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrizados y que esta práctica probablemente se inicio en los primeros días de los experimentos eléctricos. Entonces, como ahora, la estática se descargaba por conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra.

La práctica ha continuado y se ha desarrollado progresivamente, de modo que tales conexiones a tierra se encuentran en casi todos los puntos en el sistema eléctrico. Esto incluye la estación generadora, las líneas y los cables que distribuyen la energía eléctrica y los locales en los cuales se utiliza. La necesidad de esta conexión se considera sagrada en la legislación.

Aun cuando la puesta a tierra constituye una parte intrínseca del sistema eléctrico, permanece en general como un tema mal comprendido. En los años recientes ha habido rápidos desarrollos en el modelamiento de sistemas de puesta a tierra, tanto a frecuencia de potencia como superiores, principalmente facilitados por los nuevos recursos y procedimientos computacionales.

Esto ha incrementado nuestra comprensión del tema, al mismo tiempo que la actividad de diseño ha llegado a ser significativamente mas difícil y las nuevas normas están requiriendo un diseño seguro y mas detallado. Surge así una oportunidad para explicar mas claramente los conceptos de puesta a tierra y una necesidad que esto se traspase a los diseñadores de sistemas de puesta a tierra y a los instaladores, de modo que pueda lograrse una mayor comprensión del tema.

Por puesta a tierra generalmente entendemos una conexión eléctrica a la masa general de la tierra, siendo esta ultima un volumen de suelo, roca etc., cuyas dimensiones son muy grandes en comparación al tamaño del sistema eléctrico que esta siendo considerado.

Antes de exponer definiciones, es importante notar que en Europa se tiende a usar el termino earthing, mientras que en Norte América es mas común el termino grounding. Las razones que mas frecuentemente se citan para tener un sistema aterrizado, son:

- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Asegurar que seres vivos presentes en la vecindad de las subestaciones no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas de voltaje mayor), y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de las aislaciones.
- Hábito y practica.
- En transformadores de potencia puede usarse aislación graduada.

- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.

Otras razones citadas menos frecuentemente, incluyen:

- Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo, disipando cargas electrostáticas que se han generado debido a nubes, polvo, aguanieve, etc.
- Una forma de monitorear la aislación del sistema de suministro de potencia.
- Para eliminar fallas a tierra con arco eléctrico persistente.
- Para asegurar que una falla que se desarrolla entre los enrollados de alto y bajo voltaje de un transformador pueda ser manejada por la protección primaria.
- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el ruido eléctrico en cables.
- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar equipo electrónico.

Para desempeñarse adecuadamente cumpliendo cualquiera de las funciones anteriores, el sistema de tierra debe generalmente tener una baja impedancia, de modo que ya sea dispersando o recogiendo corriente desde el terreno, no se produzca un aumento de voltaje excesivo. Por supuesto en el interior de instalaciones es también necesaria una conexión a tierra, para asegurar la correcta operación del equipo por ejemplo dispositivos electrónicos, donde puede ser necesaria una pantalla a tierra. Es esencial considerar la puesta a tierra en una instalación global como un sistema completo y, por lo tanto, diseñarla e instalarla correspondientemente.

La segunda función de un sistema de puesta a tierra es garantizar que, en el evento de una falla a tierra, toda corriente de falla que se origine, pueda retornar a la fuente de una forma controlada. Por una forma controlada se entiende que la trayectoria de retorno esta predeterminada, de tal modo que no ocurra daño al equipo o lesión a las personas.

La conexión a tierra no es de capacidad infinita e impedancia nula. Sin embargo, la impedancia del sistema de tierra debiera ser lo bastante baja de modo que pueda fluir suficiente corriente de falla a tierra para que operen correctamente los dispositivos de protección, los cuales a su vez provocaran la operación de interruptores o fusibles para interrumpir el flujo de corriente.

El diseñador de la protección calcula normalmente el valor requerido de impedancia a través de programas de análisis de fallas y este valor debe comunicarse a los responsables del diseño del sistema de puesta a tierra. Además, la elevación de potencial que experimentar el sistema de puesta a tierra mientras ocurre la falla, debiera ser limitada a un valor pre-establecido.

Estas son las funciones que el sistema de puesta a tierra debe cumplir, pero se requiere que se adapten a una amplia variedad de problemas diferentes. El primero es una falla convencional, es decir, la aparición de un deterioro en un cable o la ruptura eléctrica de la aislación fase a tierra en una parte de un equipo. El equipo puede estar en una subestación, una industria o la casa.

Llamamos a Ésta una falla de frecuencia industrial, ya que la mayor parte de la energía disipada en la falla será a esta frecuencia 60 Hz. El sistema de puesta a tierra se usa también como un medio para obtener condiciones seguras de trabajo durante algunas faenas de mantenimiento o construcción.

Antes de iniciar cualquier trabajo, las plantas que estaban energizadas tienen que ser desconectadas y sus componentes previamente activos tienen que ser conectados a tierra. Esto permite que cualquier energía almacenada sea descargada en forma segura a tierra y ayuda a prevenir la aparición de voltajes peligrosos en el equipo en que se está trabajando (esto podría ocurrir de otra manera debido a inducción, error o falla en el sistema de potencia).

En algunas instalaciones industriales, el sistema de puesta a tierra se solicita para descargar continuamente la formación de estática, y así prevenir un riesgo de fuego o explosión. Como ejemplos están las plantas manufactureras de papel o ambientes donde están presentes explosivos o elementos químicos volátiles. Una concepción errada muy popular es que el sistema de puesta a tierra opera solo durante condiciones de falla. En realidad, también durante la operación rutinaria cumple ciertos roles vitales. Por ejemplo, muchas alimentaciones de potencia incluyen ahora una conexión a tierra, a través de la cual se dispersan al terreno corrientes residuales y corrientes armónicas.

La creencia sostenida previamente de que estas corrientes podían ser conducidas a tierra sin consecuencias adversas, se reconoce ahora como falsa. Las corrientes que fluyen a tierra, de alguna manera deben retornar a la fuente, formando un bucle cerrado. Estos bucles crearan diferencias de potencial que, aunque pequeñas, causan ruido, zumbido, y posibles daños a equipo electrónico.

Este proceso, junto con la creciente cantidad de corrientes armónicas que se inyecta en la red de alimentación pública, es una causa que genera crecientes problemas en la calidad de la potencia. Algunos equipos disponen de pantallas puestas a tierra que operan continuamente para reducir el campo producido fuera de su gabinete o para reducir el impacto de campos generados por la propia operación del equipo.

Claramente, el sistema de puesta a tierra realiza un amplio rango de funciones similares a través de todas las etapas de suministro de electricidad, es decir, en la central generadora, en las subestaciones eléctricas (en las cuales se modifica el voltaje de alimentación), hasta la instalación eléctrica residencial, oficinas e industrias. El cobre es el material mas ampliamente utilizado para estos sistemas de puesta a tierra. Sus propiedades muy bien probadas y ensayadas, de relativamente baja resistencia eléctrica, maleabilidad y buena resistencia a la corrosión, aseguran que es y ser el material preferido por muchos casos.

Es un hecho que la seguridad de los equipos informáticos, de comunicaciones, científicos e industriales, se ve seriamente condicionada frente al riesgo que deriva de causas naturales y personales, las sobretensiones y los fenómenos transitorios son la primera causa física de daños a estos equipos y en mayor cuantía para los problemas de funcionamiento.

El origen de las sobretensiones y transitorios es variado e incluye causas tales como las descargas atmosféricas, la conmutación, radio interferencias, descargas electroestáticas, etc. Los diferentes sectores de la industria y el comercio se ven afectados por algunos o varios de estos fenómenos de forma más o menos importante. Así, por ejemplo, la caída de un rayo induce daños de considerable cuantía en la mayoría de regiones del mundo al sector de comunicaciones, de industria y comercio.

El diseño de protección contra descargas eléctricas atmosféricas para Sistemas de Transmisión y Distribución, ha experimentado muy pocos cambios, y consecuentemente, ha tenido muy poco desarrollo en los últimos 50 años.

Las herramientas y dispositivos usados para la Protección contra descargas eléctricas atmosféricas, están limitadas a productos y técnicas tales como:

- Arrestadores.
- Espaciamiento.
- Hilos de guarda (Líneas estáticas o hilos de tierra).
- Relevadores para operar interruptores de circuitos.
- Componentes de sistemas de tierra convencionales.
- Incremento en los niveles básicos de aislamiento.

Durante los pasados 10 años. Se ha introducido al mercado, una serie de nuevas herramientas y dispositivos, lo que ha hecho posible alcanzar una mayor medida de protección. Estas herramientas y dispositivos son:

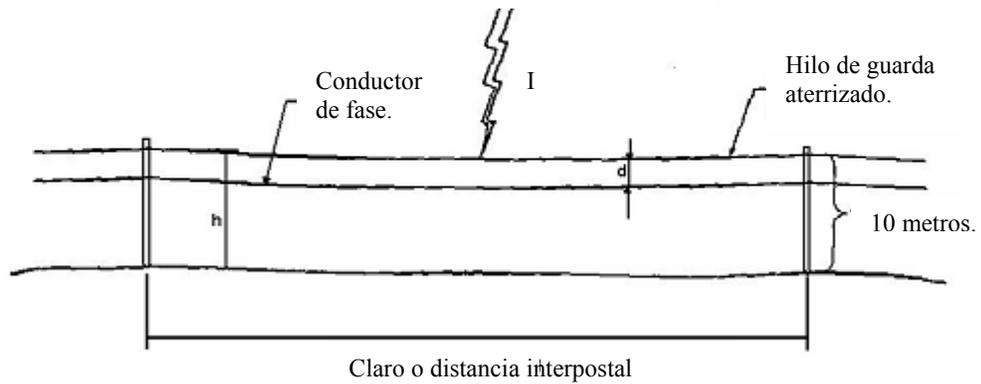
- El Sistema Disipador Dual (DDS).
- El Sistema Desviador Spline Ball Ionizer (SBDS).
- El Electrodo de Tierra del Tipo Barra Química (CHEM- ROD®).
- El Relleno Acondicionador para la Tierra (GAF).
- El interceptor de eventos eléctricos transitorios o supresor de picos.

Para determinar la efectividad de los hilos de guarda, es necesario solamente analizar el impacto de una descarga. A una línea que se considera típica con parámetros convencionales. Para este fin, fue hecho un análisis. Asumiendo dos impactos directos de consideración, al hilo de guarda. A media distancia y al poste. Dos longitudes de espaciamiento típicas y dos valores de resistencia de tierra, se usaron para los puntos de aterrizaje de cada poste.

Se usó un conductor de bajada de cobre sólido calibre N° 6 AWG, por cada poste. El voltaje inducido en el conductor de fase con espaciamientos de un metro y dos metros, fue calculado usando un 50% del impacto y un 75% del impacto. Con un aumento de tiempo a la corriente pico de ambos de un (1) microsegundo y ocho (8) microsegundos.

Figura 88. Rayo sobre hilo de guarda.

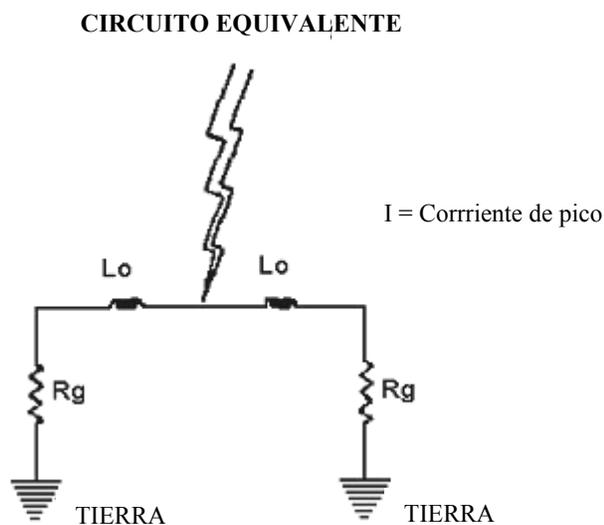
Considerando el impacto del rayo en la mitad de la distancia interpostal.



Líneas de transporte de energía. Luis María Checa

Se consideró que la descarga eléctrica alcanzó la parte media del hilo de guarda con una magnitud de 1, como se muestra en la Figura 88. El circuito equivalente, puede ser aproximadamente, como el circuito mostrado en la Figura 89.

Figura 89. Circuito equivalente de impacto de rayo.



Líneas de transporte de energía. Luis María Checa

Donde:

- $D$  = Espacio entre Hilo de Guarda y Conductor de Fase.
- $V$  = Voltaje inducido.
- $dt$  = Tiempo a la cresta.
- $R_g = 25$  Ohms (resistencia de tierra en los postes).

### **6.2.1 Problemas eléctricos típicos debido a sobretensiones**

Los problemas más comunes en líneas de potencia incluyen las sobretensiones provocadas por la caída de rayos, conmutaciones, microcortes, subidas y bajadas de tensión, caídas de tensión, fallos de suministro y variaciones de frecuencia.

Las Compañías suministradoras del fluido eléctrico normalmente tienen la misión de controlar el voltaje y frecuencia nominales del suministro. Sin embargo, regularmente la presencia de transitorios de muchos tipos hace fluctuar los valores medios de éstas.

#### **6.2.1.1 Fluctuaciones lentas de la tensión**

Los incrementos o disminuciones graduales en la carga de los sistemas de distribución eléctrica pueden causar cambios graduales de voltaje en intervalos entre 15 segundos a varios minutos. Cambios excesivos causan errores lógicos, daños, degradación de componentes y paros imprevistos.

Los efectos son normalmente nefastos en áreas rurales, cerca de grandes cargas y en áreas donde el servicio comprende solo una línea de distribución.

### **6.2.1.2 Bajadas y subidas de tensión**

La presencia de cargas puntuales como aparatos de aire acondicionado, motores, etc., puede causar cambios en voltaje durante períodos entre 0,1 a 15 segundos. Los estabilizadores son la respuesta más económica a esta problemática. Aproximadamente de un 10 al 15 % de todas las perturbaciones son subidas y bajadas de tensión mayores a 0,1 segundos de duración.

En cualquier gran ciudad moderna española, un usuario puede encontrar fluctuaciones del 20 % de la tensión nominal varias veces al día, siendo en áreas donde el suministro es menos fiable, donde las incidencias son muchos más frecuentes.

### **6.2.1.3 Interrupciones del suministro eléctrico**

En muchas instalaciones eléctricas, de ordenadores y de comunicaciones, la pérdida del suministro eléctrico puede ser económica o físicamente catastrófica. La única solución fiable frente a estas pérdidas, la constituyen las fuentes de alimentación ininterrumpida o SAI's. Éstas están constituidas bien por un generador local (generador diesel, etc) con una batería de reserva, o por un SAI electrónico, que puede estar alimentando siempre a través de baterías (On-Line), o bien conmutando muy rápidamente a baterías en caso de fallo de tensión (Off-Line).

Aproximadamente de un 0,5 a un 1,0 % de las perturbaciones son de este tipo. En España los usuarios pueden sufrir fallos de red de 1 a 15 segundos varias veces al mes, hasta 2 horas una vez al mes y más de 2 horas una vez al año. En países en desarrollo o áreas remotas las incidencias son significativamente mayores. Una de estas interrupciones es suficiente para causar desorden y pérdida de funciones.

#### **6.2.1.4 Sobretensiones e impulsos de corta duración**

Las descargas eléctricas atmosféricas, controladores CRS, conmutadores mecánicos, lámparas fluorescentes, soldadores, explosiones nucleares y descargas electroestáticas causan la mayor parte de los problemas eléctricos, y sus tiempos de duración van desde 0,5 nanosegundos a 500 microsegundos.

Las sobretensiones y los transitorios constituyen rápidos cambios de tensión que pueden llegar a los 100 KV o más. Estas puntas provocan fallos técnicos, destruyen los componentes electrónicos e inyectan falsas señales en los circuitos lógicos. Estas sobretensiones transitorias ocurren en las líneas de potencia, líneas coaxiales y líneas de datos o señales.

Aproximadamente del 85 al 90 % de las perturbaciones eléctricas son de este tipo. El diseño específico de protectores o de filtros reductores de sobretensiones de alta calidad y de bajo consumo es la solución a los problemas de las líneas de potencia.

Mientras que para las líneas de señales lo son las protecciones contra sobretensiones específicas como las barreras de transitorios y los supresores en coaxiales.

#### **6.2.1.5 Cambios de frecuencia**

Estos son raros en las instalaciones urbanas, pero muy comunes en redes eléctricas aisladas que incluyan muchas fuentes alternativas de energía. Los ordenadores pueden trabajar satisfactoriamente a frecuencias entre 47 y 53 Hz, y en áreas rurales un sistema de alimentación ininterrumpida tipo On-Line (alimentando siempre a través de baterías) es la mejor solución en la mayoría de los casos.

## **6.2.2 Efectos de las sobretensiones y de los impulsos de corta duración**

### **6.2.2.1 Líneas de potencia**

Las líneas de potencia se ven afectadas por los transitorios por varias razones. Un impacto directo de un rayo por encima de o sobre las líneas de potencia puede implicar la propagación hacia ambos extremos, de una muy fuerte sobretensión. Un impacto de rayo típico tiene una forma de onda en corriente casi triangular con tiempos de subida de 0,1 a 5 ms, de 20 a 300 ms de duración total y una corriente de choque entre 5 y 150 KA.

La energía de los mismos varía desde 1 a 5000 KJ, y ha de encontrar su camino hacia tierra atravesando realmente cables de potencia, líneas de datos, equipos y servicios de las edificaciones.

Un impacto directo de una descarga atmosférica sobre un sistema de protección contra el rayo en una estructura, causa un incremento local del potencial en el suelo. Los cables de señal y potencia que entran en dicha estructura tienen como referencia tierras situados a larga distancia y no afectados por la descarga del rayo. Por tanto, una gran diferencia de potencial transitoria puede generarse entre estos conductores y la estructura a tierra.

La proximidad de un impacto de un rayo puede alterar los potenciales del suelo entre diferentes sistemas puestos independientemente a tierra. Los posibles retornos resultantes entre tierras son la causa principal de daños en los modernos equipos electrónicos. La presencia de picos de tensión de 25 KV o más debidos a la separación de los tierras, es muy común en áreas de riesgo de caída de rayos media o alta.

La conmutación de transformadores y maquinaria de alta potencia puede generar picos de tensión debidos a la carga inductiva. La interrupción del suministro en corriente alterna (un corte o microcorte) puede borrar los contenidos de las memorias de los ordenadores, incluso si la interrupción es muy corta.

Solo un 0,1 % aproximadamente del suministro eléctrico de las Compañías Eléctricas es destinado para equipos de informática y comunicaciones, y por consiguiente, la actitud general de las Compañías Eléctricas suministradoras es la de obviar estos problemas propios del usuario, ya que otra solución sería inviable económicamente para ellos.

#### **6.2.2.2 Líneas telefónicas**

La caída de rayos sobre o cerca de las líneas telefónicas es una de las causas más comunes de sobretensiones transitorias. Los daños inducidos por dichas descargas atmosféricas son comunes en equipos conectados a cualquier punto final de línea, incluyendo teléfono, fax, telex, equipos de conmutación, módems, hilo musical, etc.

Otras causas pueden constituir también la caída de líneas de distribución eléctricas de potencia sobre las de teléfono, fallos en líneas cercanas de potencia dando lugar a sobretensiones inductivas y defectos importantes de puesta a tierra.

#### **6.2.2.3 Antenas de radio o microondas**

Hay numerosas redes nacionales donde las comunicaciones a larga distancia se realizan mediante telecomunicación, o bien, ondas privadas de radio. Las instalaciones de antenas de radio o de microondas, están completamente abiertas a los trastornos debidos a la caída de rayos bien por impacto directo, o bien por efecto inductivo provocado por la proximidad de dichas caídas.

#### **6.2.2.4 Descargas electroestáticas**

Es la sobretensión transitoria eléctrica más familiar para la mayoría de la gente, aunque sus efectos sobre equipos informáticos y de comunicaciones son normalmente no tan serios.

La descarga que ocurre después de andar sobre alfombras o moquetas y al tocar un elemento metálico conectado a tierra, tiene típicamente de 3 a 5 KV, pero lleva asociada una baja intensidad y energía. A menos que estas sobretensiones sean derivadas a tierra, éstas pueden dañar los componentes al estado sólido. Existe también el riesgo de que el ordenador interprete estas descargas como un falso comando y deteriore los datos memorizados.

#### **6.2.3 Consecuencias en sistemas no protegidos**

Hay cinco consecuencias principales al confiar en la suerte y no instalar sistemas de protección contra rayos.

1. Problemas en operaciones no explicables o sutiles.
2. Pérdida de datos, incluyendo pérdida de ficheros o cambio de datos (con consecuencias potencialmente grandes).
3. Sacudidas eléctricas al personal.
4. Pérdida de funciones y paros del sistema, con grandes consecuencias por el cese en la actividad en la empresa.
5. Pérdida de seguridad frente al potencial en cables metálicos de largas distancias, debido al rayo y a las sobretensiones transitorias, siendo por tanto, la fibra óptica una mejor alternativa en niveles de seguridad.

El coste de los daños físicos y de funcionamiento afecta a cuatro grupos de personas:

- Los propietarios de los equipos que se ven sometidos a costes de reparación o de sustitución, paros de funcionamiento y en definitiva, pérdidas económicas.
- Compañías de seguros.
- Suministradores de equipos, que se ven forzados a asumir esos costes, bajo el argumento de la garantía, cuando realmente la no protección no es un tema de garantías sino una responsabilidad del propietario.
- Clientes por las posibles pérdidas de datos y falta de servicio.

Los costes globales a nivel mundial de estos problemas no han sido cuantificados, ya que los efectos son muy diversos. Por ejemplo, los costes debidos a las sobretensiones y transitorios en equipos electrónicos en un país europeo solamente, fueron estimados en más de varios millones de dólares.

#### **6.2.4 Conceptos para la protección contra descargas atmosféricas**

La protección contra el rayo es un área de controversia, con diferentes puntos de vista mantenidos por los ingenieros profesionales y la industria, y algunos sectores academicistas. Esta situación, junto al incompleto conocimiento de la física de las descargas eléctricas atmosféricas, se ve agravada por la dificultad de realizar medidas, y de establecer modelos teóricos fiables. Las investigaciones en todo el mundo se van sucediendo para tratar de completar dicho conocimiento.

Una protección perfecta, del 100% efectiva, es prácticamente imposible, y toda protección se diseña en base a un riesgo o compromiso estadístico o de probabilidad. Sin embargo, es posible definir criterios generales para la protección de equipos electrónicos en edificios, que son de aceptación general. Recomendamos firmemente un plan de protección que consta de los seis puntos siguientes:

1. Captura del impacto del rayo directo en puntos preferentes y conocidos. (Esto implica la instalación de uno o más terminales aéreos de captación en los edificios).
2. Conducir la descarga a tierra de una forma segura a través de una ruta conocida. (Esto implica la instalación de uno o más sistemas de conducción o bajantes a tierra).
3. Disipar a tierra las descargas del rayo. (esto requiere la instalación y mantenimiento de un sistema de puesta a tierra efectivo y de baja impedancia).
4. Eliminar inducciones a través de tierra o lazos de tierra. (Esto requiere la planificación cuidadosa, la creación de un único sistema de puesta a tierra y la consideración práctica para la instalación de los equipos. Una red de tierras de baja impedancia es esencial).
5. Proteger todas las líneas de potencia que entren en la estructura o edificio contra sobretensiones. (Esto requiere la instalación de protectores o filtros reductores específicos contra sobretensiones, equipos estabilizadores, sistemas de alimentación ininterrumpida y otras medidas dependiendo de las circunstancias de cada lugar).
6. Proteger todas las líneas de datos y de señal que entren o salgan de la estructura o edificio contra sobretensiones. (Esto implica la instalación de cajas, barreras y aparatos de protección de alta velocidad y la correcta puesta a tierra de los cables apantallados).

La instauración de estos seis puntos es importante, ya que no considerar uno de esos puede conducir inevitablemente, a hacer vulnerable al equipo a los daños provocados por dichos efectos. Cuando se definen en un proyecto las especificaciones ambientales, la dirección y los ingenieros o técnicos encargados del proyecto, deben discutir cuidadosamente estos seis puntos requeridos para la protección.

Hay en la actualidad muchos edificios que presentan sistemas inadecuados de protección contra el impacto directo del rayo y las sobretensiones, y no es necesariamente por el resultado de una decisión incorrecta en el momento de la construcción del edificio, sino más bien por un cambio gradual del mercado, forzado por los datos estadísticos de la curva coste/riesgo/beneficio. Con el empleo en nuestros días de equipos informáticos y de comunicaciones técnicamente más avanzados y del propio aumento del uso de los mismos.

La protección contra el impacto directo del rayo para un edificio siempre debe ser considerado, si este contiene un número elevado de personas, materiales o instalaciones, que en caso de impacto pueden provocar grandes catástrofes (materiales inflamables, etc.), o equipos electrónicos, o la altura del edificio mayor a 43 m, o si el índice de riesgo determinado por: los días de tormenta anuales de esa región, las características orográficas y la exposición relativa del propio edificio, dependen de la relación coste-riesgo asumido para cada lugar y propietario.

La dirección necesita trabajar colaborando estrechamente con los ingenieros y técnicos de la edificación para asegurar la integración de las medidas de protección necesarias. En particular, la eliminación de las inducciones entre tierras o bucles a través de tierra es imprescindible. Es muy común, pero incorrecto, tener tierras separadas o independientes en un edificio para diferentes servicios como su sistema de protección contra el rayo, los equipos eléctricos, las líneas telefónicas, los ordenadores y cualquier otro servicio (por ejemplo más de 6 sistemas de tierra pueden existir en un mismo lugar).

Las tomas de tierra necesitan estar integradas formando una red equipotencial de tierras. Esta es una tarea fácil para las nuevas estructuras con diseños apropiados. Los problemas con las estructuras existentes son institucionales y de orden práctico, ya que hasta hace algunos años las normativas al respecto insistían en la instalación de tierras separados para distintos servicios, y los edificios fueron construidos de acuerdo a ello.

Ha sido en años recientes, cuando los costes por daños han incrementado, que se ha creado la necesidad de integrar estos sistemas. Sin embargo, las normas para las instalaciones electrotécnicas de baja y alta tensión, así como de las Compañías Suministradoras de Fluido Eléctrico deberían ser seguidas donde hubiera algunas dudas a efectos legales.

### **6.2.5 El sistema de puesta a tierra en relación con la seguridad de las personas**

El sistema de puesta a tierra en relación con la seguridad de las personas cumple las siguientes funciones:

- Limitar tensiones de toque y de paso durante fallas eléctricas (cortocircuitos) a niveles que no representen riesgo de choque eléctrico para las personas.
- Disminuir en estado estacionario a valores mínimos las tensiones de objetos metálicos que se encuentran influenciados por inducciones de objetos energizados. Para garantizar esto se requieren valores bajos de resistencia de puesta a tierra y que los objetos metálicos se encuentren correctamente conectados al sistema de puesta a tierra.
- Proporcionar un camino seguro y de baja impedancia para la corriente de las descargas atmosféricas, cuando se trata de puestas a tierra para sistemas de apantallamiento.

### **6.2.6 Métodos de puesta a tierra**

Se considerar la puesta a tierra de redes de potencia en primer lugar, ya que el método de puesta a tierra de estas redes influencia fuertemente el método subsiguiente escogido en el interior de construcciones.

En teoría, la red principal de potencia no tiene que ser aterrizada (puesta a tierra) y algunas veces se argumenta que una red no aterrizada puede ser más confiable. En algunos casos esto puede ser verdad, pero en general, las redes no aterrizadas no son confiables debido a la sobre sollicitación de la aislación que rodea cables o líneas.

Se instalaran puestas a tierra de la siguiente manera:

- Todos los postes normalizados con estructuras normalizadas.
- Los centros de transformación reubicados.
- Todos los pasos aéreo subterráneo.
- Todos los postes con seccionadores Fusible como seccionamiento y protección.

Hay varias formas en las cuales puede operar el sistema de potencia: levantado de tierra, puesto a tierra con baja impedancia y puesto a tierra con alta impedancia.

Estos son conceptos completamente diferentes y para aquellos que están familiarizados con los conductores de tierra relativamente grandes y bajos valores de resistencia a tierra en sistemas tradicionales, el empleo de pequeños conductores de tierra y altas impedancias en otros sistemas puede llegar a ser una sorpresa. Estas diferentes técnicas se describen con más detalle a continuación.

#### **6.2.6.1 Sistemas no puestos a tierra**

Este sistema no tiene una conexión a tierra formal, intencional o deliberada. Pueden existir algunas conexiones de alta impedancia para instrumentación, por ejemplo el enrollado de un instrumento de medida (transformador de potencial o de corriente). Bajo condiciones normales, la capacidad entre cada fase y tierra es sustancialmente la misma.

El efecto es estabilizar el sistema respecto a la tierra de modo que en un sistema trifásico, el voltaje de cada fase a tierra es el voltaje estrella del sistema. El punto neutro, si existe, esta en o cerca del potencial de tierra. Las fallas en líneas de distribución aéreas no son infrecuentes, particularmente durante condiciones de mal tiempo, cuando pueden caer ramas de arboles sobre las líneas.

Cuando ocurre el primer incidente, implicando un contacto entre un conductor y tierra, puede no haber dado porque no existe un circuito metálico cerrado que permita el flujo de corriente. Esto es diferente en un sistema aterrizado donde puede fluir una corriente significativamente alta. A primera vista, el sistema levantado de tierra aparenta ser un sistema más seguro y más confiable.

En realidad fluye una corriente en un sistema levantado de tierra, que retorna vía los acoplamientos capacitivos de las otras dos fases. La corriente capacitiva que fluye en el punto de falla es 3 veces la corriente capacitiva normal a tierra de cada fase del sistema completo.

El dado debido a la primera falla probablemente sea leve, ya que la corriente total es aun relativamente pequeña. Sin embargo, la corriente podría ser suficiente para provocar riesgo de electrocución si alguien tocara el conductor dañado. Las compañías eléctricas a menudo consideran que es lento y tedioso localizar fallas en este tipo de sistemas.

#### **6.2.6.2 Sistemas puestos a tierra**

Un sistema puesto a tierra tiene al menos un conductor o punto (usualmente el neutro o punto común de la estrella) intencionalmente conectado a tierra. Por condiciones practicas y de costo, esta conexión se realiza normalmente cerca de donde se unen los 3 enrollados individuales de un transformador trifásico.

Es decir el neutro o punto común de la estrella. Este método se adapta cuando hay necesidad de conectar al sistema cargas fase neutro, para prevenir que el voltaje neutro a tierra varíe con la carga.

La conexión a tierra reduce las fluctuaciones de voltaje y los desequilibrios que podrían ocurrir de otra forma. Otra ventaja es que puede usarse relés residuales para detectar fallas antes que se conviertan en fallas fase-fase.

Esto puede reducir el daño real causado y la sollicitación impuesta en otras partes de la red eléctrica. El tipo de puesta a tierra se clasifica según el tipo de conexión instalada. Los principales tipos son:

#### **a) Sistema puesto a tierra mediante impedancia**

En este caso se insertan deliberadamente resistores y/o reactores en la conexión entre el punto neutro y tierra, normalmente para limitar la corriente de falla a un nivel aceptable. En teoría, la impedancia puede ser lo bastante alta como para que fluya una corriente de falla poco mayor que en la situación de sistema no puesto a tierra.

En la práctica, para evitar sobrevoltajes transitorios excesivos debido a resonancia con la capacitancia paralela del sistema, las puestas a tierra inductivas deben permitir que fluya a tierra por falla al menos un 60% de la capacidad de cortocircuito trifásico. Esta forma de puesta a tierra tiene menor disipación de energía que la puesta a tierra resistiva.

Pueden usarse como conexión a tierra enrollados de supresión de arco, también conocidos como bobinas de Peterson, o neutralizadores de falla a tierra. Estos son reactores sintonizados que neutralizan el acoplamiento capacitivo de las fases sanas y de este modo la corriente de falla es mínima.

Debido a la naturaleza auto-compensada de este tipo de puesta a tierra, es efectiva en ciertas circunstancias en sistemas aéreos de media tensión, por ejemplo, aquellos que están expuestos a un alto número de fallas transitorias. El uso de interruptores con recierre automático ha reducido el uso de este método de puesta a tierra en sistemas de alta y media tensión.

**b) Sistema puesto a tierra con baja impedancia ( sólidamente puesto a tierra)**

Esta es la técnica más común, particularmente en bajo voltaje. Aquí el neutro se conecta a tierra a través de una conexión adecuada en la cual no se agrega intencionalmente ninguna impedancia.

La desventaja de este arreglo es que las corrientes de falla a tierra son normalmente altas pero los voltajes del sistema permanecen controlados bajo condiciones de falla.

**6.3 Materiales utilizados para bajadas a tierra en líneas eléctricas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv**

Los siguientes datos están relacionados con los materiales utilizados en nuestro país Guatemala, estos materiales son usados por empresas como EEGSA y Unión Fenosa. Que son las empresas que tiene todo el campo de la distribución de la energía eléctrica en Guatemala.

Los materiales que se necesitan para una bajada a tierra completa se listan en la lista siguiente.

En postes de madera se utiliza el siguiente material.

- Cable cobre.
- Varilla de cobre o electrodos.
- Bentonita.
- Soldadura para unión exotérmica.
- Conectores de compresión.
- Cinta bandit.
- Hebillas.
- Protector de madera.

En postes de concreto se utiliza el siguiente material.

- Cable cobre.
- Varilla de cobre o electrodos.
- Bentonita.
- Soldadura para unión exotérmica.
- Conectores de compresión.

En los postes de concreto no se utilizan evillas, protector de madera y cinta bandit, debido a que el cobre generalmente va dentro del poste de concreto desde la parte superior del poste a la parte inferior teniendo un orificio de salida ubicado en la parte inferior del poste, por este orificio el cobre sale y es conectado directamente a la varilla de cobre mediante soldadura.

Este método de tierras es mas seguro contra casos de vandalismo en Guatemala, ya que protege al cobre contra los robos que muy habitualmente se da en estas bajadas a tierras.

### **6.3.1 Cable de cobre**

El cobre tiene la más alta conductividad entre los metales comerciales. Tiene buenas propiedades mecánicas tanto a temperatura baja, como temperatura ambiente y temperatura elevada y tiene excelente resistencia a la corrosión. Se explota en todos los continentes habitados. Las reservas minerales y el desarrollo continuo de las técnicas de explotación, permiten afirmar que el abastecimiento futuro está asegurado.

Hay tres tipos de cobre: de alta conductividad, fosforoso desoxidado y libre de oxígeno, cada uno de ellos apropiado para aplicaciones de puesta a tierra. Además, existe amplia variedad de aleaciones de cobre de alta conductividad, menos comunes, con propiedades mejoradas para aplicaciones especiales.

### **6.3.2 Varillas de cobre o electrodos de puesta a tierra**

El electrodo de tierra es el componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno y así proporciona un medio para botar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra. En sistemas puestos a tierra se requiere normalmente llevar una corriente de falla bastante grande por un corto periodo de tiempo y, en consecuencia, se necesita tener una sección suficientemente grande como para ser capaz de llevar esta corriente en forma segura.

Los electrodos deben tener propiedades mecánicas y eléctricas adecuadas para continuar respondiendo a las solicitudes durante un periodo de tiempo relativamente largo, en el cual es difícil efectuar ensayos reales o inspección. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no corroerse dentro de un amplio rango de condiciones de suelo. Los materiales usados incluyen cobre, acero galvanizado, acero inoxidable y hierro fundido.

El cobre generalmente es el material preferido por las razones que se describirán posteriormente. El aluminio se usa algunas veces para conexiones fuera del terreno, pero la mayoría de los estándares prohíben su uso como electrodo de tierra debido al riesgo de corrosión acelerada.

El producto corrosivo -una capa de óxido deja de ser conductivo y reduce la efectividad de la puesta a tierra. El electrodo puede tomar diversas formas: barras verticales, placas y conductores horizontales.

### **6.3.3 Bentonita**

Es una arcilla color pardo, de formación natural, que es levemente ácida, con un pH de 10,5. Puede absorber casi cinco veces su peso de agua y de este modo, expandirse hasta treinta veces su volumen seco. Su nombre químico es montmorillonita sudica.

En terreno, puede absorber humedad del suelo circundante y ésta es la principal razón para usarla, ya que esta propiedad ayuda a estabilizar la impedancia del electrodo a lo largo del año. Tiene baja resistividad aproximadamente 5 ohm - metro y no es corrosiva. Bajo condiciones extremadamente secas, la mezcla puede resquebrajarse ofreciendo así poco contacto con el electrodo.

La Bentonita es de carácter tixotrópica y por lo tanto se encuentra en forma de gel en estado inerte. La Bentonita se usa más a menudo como material de relleno al enterrar barras profundas. Se compacta fácilmente y se adhiere fuertemente.

#### **6.3.4 Soldaduras para uniones exotérmicas**

Estas uniones se realizan mediante un molde de grafito que se diseña para ajustar el tipo específico de unión y el tamaño de los conductores. Usando una pistola con pedernal se enciende una mezcla de polvo de aluminio y de óxido de cobre y la reacción que se crea forma una unión de cobre virtualmente puro en torno a los conductores.

La reacción de alta temperatura se produce en el interior del molde de grafito. Si se ocupa y mantiene adecuadamente, cada molde puede usarse para realizar entre 50 y 70 uniones. Este tipo de unión asegura los siguientes beneficios:

- proporciona una unión permanente, de baja resistencia eléctrica y resistente a la corrosión.
- La técnica empleada no requiere adiestramiento, relativamente.
- Puede operar a alta temperatura, permitiendo eventualmente reducir el calibre del conductor.

#### **6.3.5 Conectores de compresión**

Estos conectores se utilizan para tener una unión fija, segura y estable del cobre con el hilo de guarda de la red de media tensión.

#### **6.3.6 Cinta bandit**

Esta cinta se coloca alrededor del poste de madera el objetivo de esta es asegurar el cobre que baja del poste evitando movimientos del cable dándole una vista estética al cobre que baja del poste hacia la varilla enterrada en el suelo.

### **6.3.7 Hevillas**

La función de las evillas es asegurar la cinta bandit alrededor del poste de madera, ya que esta no puede asegurarse o quedar firme si la ayuda de las evillas.

### **6.3.8 Protector de madera**

Es un protector de madera de 2m de altura, la función del protector de madera es cubrir el cobre que generalmente una persona puede podría tocar libremente si no existiera este protector de madera en el poste, ya que recordemos que las bajadas a tierra en momentos de descargas en sistemas de distribución, representan peligro para personas que estén en contacto directo con las bajadas a tierra.

## **6.4 Medición de la impedancia de electrodos de tierra**

La medida del valor óhmico de un electrodo enterrado se realiza por dos razones:

- Revisar su valor, posteriormente a la instalación y previo a la conexión del equipo, contra las especificaciones de diseño.
- Como parte del mantenimiento de rutina, para confirmar que su valor no ha aumentado sustancialmente respecto del valor medido originalmente o de su valor de diseño.

### **6.4.1 Valor de la resistencia de conexión a tierra física**

Idealmente una conexión a tierra física debe tener una resistencia de cero ohms. No existe un valor normalizado de resistencia de conexión a tierra física que sea reconocido por todas las agencias.

Sin embargo, la NFPA (National Fire Protection Association) y el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) han recomendado un valor de resistencia de conexión a tierra física de 5,0 ohms o menos.

La practica recomendada IEEE 142 (1991) “Prácticas recomendadas para la conexión a tierra de sistemas eléctricos industriales y comerciales” sugiere una resistencia de la toma de tierra entre 1 y 5 ohms para sistemas comerciales o industriales de gran tamaño. El NEC ha indicado lo siguiente: “Asegúrese de que la impedancia del sistema a la conexión a tierra física sea de menos de 25 ohms, tal como se especifica en NEC 250.56 (1987). En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohms o menos.” La industria de las telecomunicaciones con frecuencia ha utilizado 5,0 ohms o menos como su valor para conexión a tierra física y unión.

El código NEC 250-83-3 (1987) nos indica que el electrodo de tierra física debe de tener un contacto con el terreno una mínima longitud de 2,5 metros (8,0 pies). Sin embargo, existen cuatro variables que afectan la resistencia de la conexión a tierra física de un sistema de conexión a tierra física:

- 1) Longitud y profundidad del electrodo de tierra física.
- 2) Diámetro del electrodo de tierra física.
- 3) Número de electrodos de tierra física.
- 4) Diseño del sistema de conexión a tierra física.

#### **6.4.2 Métodos de medición de tierra física**

##### **Comprobación del conductor de tierra**

Antes de medir la resistencia de la toma de tierra, es recomendable verificar la buena conexión eléctrica del conductor de tierra desde el propio electrodo hasta el borne principal de tierra.

La mayoría de los telurómetros (medidores que emplean el método de caída de potencial) incorporan la medida de resistencia eléctrica a dos hilos y disponen de una buena resolución para esta prueba, por lo que resultan perfectos para la tarea. El valor de resistencia eléctrica desde el borne principal de tierra hasta el electrodo deberá ser inferior a 1 ohm.

### **Medición de la resistividad del terreno**

Para determinar el diseño del sistema de conexión a tierra física es necesario conocer la resistividad del terreno. El terreno raras veces es homogéneo y la resistividad del terreno varía geográficamente y a diferentes profundidades y a diferentes ambientes.

El funcionamiento básico de los instrumentos para comprobar la resistividad del terreno, utiliza en línea recta sobre el terreno cuatro estacas de conexión a tierra física, equidistantes entre si. La distancia entre las estacas de conexión a tierra física debe ser de al menos tres veces mayor que la profundidad de la estaca.

De modo que si la profundidad de cada estaca de conexión a tierra física es de 0,30 metros (1 pie), la distancia entre estacas sea mayor a 0,91 metros (3 pies). El instrumento genera una corriente conocida a través de las dos estacas externas de conexión a tierra física y la caída del potencial de voltaje se mide entre las dos estacas internas de conexión a tierra física.

Usando la ley de Ohm ( $V = I \cdot R$ ), el comprobador calcula automáticamente la resistencia del terreno. Se recomienda tomar mediciones adicionales en donde los ejes de las estacas se gire 90 grados. Al cambiar la profundidad y la distancia varias veces, se produce un perfil que puede determinar un sistema apropiado de resistencia del terreno.

La mayoría de los comprobadores utilizan un sistema de control automático de frecuencia con el objetivo de lograr una menor cantidad de ruido, permitiendo obtener una lectura clara.

## **Terrómetro**

También conocido como telurómetros o medidor de tierra, son utilizados para medir la resistividad del suelo. Estos aparatos constan de un ohmímetro, preparado para medir bajas resistencias, así como unos circuitos de tensión e intensidad que se conectan por separado en el circuito a medir por medio de tres conexiones (la toma de tierra a medir y dos electrodos auxiliares).

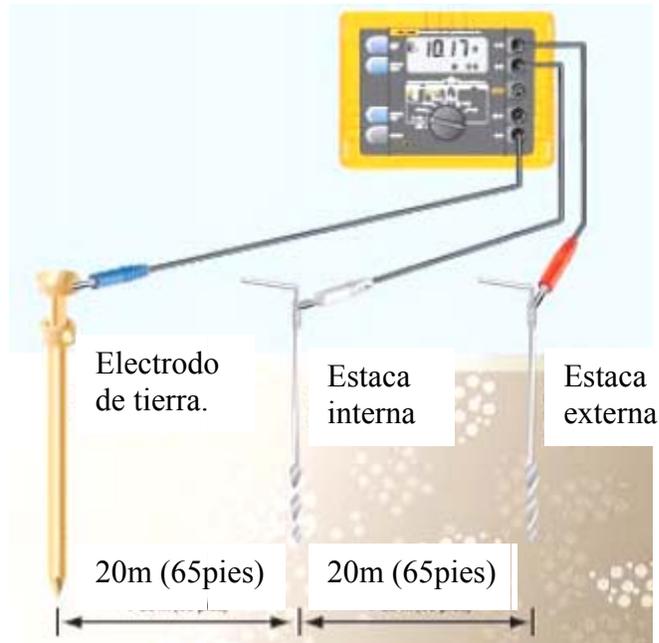
Las picas o electrodos auxiliares se conectan a una distancia determinada, según el tipo de aparato empleado, para evitar los errores que puedan producir las corrientes erráticas; el indicador nos dará la medida directa, o bien deberemos de ajustarla con un potenciómetro graduado.

### **6.4.3 Método de caída de potencial**

El método de comprobación de caída de potencial es el método tradicional que se utiliza para medir la capacidad de un sistema de conexión a tierra física o un electrodo individual para disipar la energía de un sitio, y es el método que utilizan los equipos conocidos como telurómetros. La conexión de este método se muestra en la figura 90.

El telurómetro requiere de tres conexiones para realizar la medida de la resistencia de la toma de tierra, si bien los medidores más precisos pueden requerir de una cuarta conexión para eliminar del resultado de la medida la resistencia de los propios cables de prueba.

Figura 90. Método de caída de potencial.



La guía 2006. Medidores de Aislamiento. Página 20

El telurómetro requiere de tres conexiones para realizar la medida de la resistencia de la toma de tierra, si bien los medidores más precisos pueden requerir de una cuarta conexión para eliminar del resultado de la medida la resistencia de los propios cables de prueba.

En primer lugar, el electrodo de interés de conexión a tierra física debe desconectarse de su conexión al sitio. En segundo lugar, se conecta el comprobador al electrodo de tierra. Luego, para realizar la comprobación de caída de potencial de 3 polos, se colocan dos estacas de conexión a tierra en el terreno, en línea recta-alejadas del electrodo de tierra. Normalmente, alcanza con un espaciamiento de 20 metros (65 pies). El telurómetro genera una corriente conocida entre la estaca externa (estaca auxiliar de conexión a tierra) y el electrodo de tierra, mientras que se mide el potencial de caída de tensión de tensión entre la estaca interna de tierra y el electrodo de tierra.

Utilizando la ley de Ohm ( $V = I \cdot R$ ), el comprobador calcula automáticamente la resistencia del electrodo de tierra. Si este electrodo de tierra física está en paralelo o en serie con otras varillas de conexión a tierra física, el valor de resistencia desplegado en el medidor resulta ser el valor total de todas las resistencias.

La estaca interna debe de estar fuera de la esfera de influencia del electrodo de tierra física bajo comprobación y la conexión auxiliar a tierra, de lo contrario las áreas eficaces de resistencia se superpondrán e invalidarán cualquier medición que estuviera obteniendo.

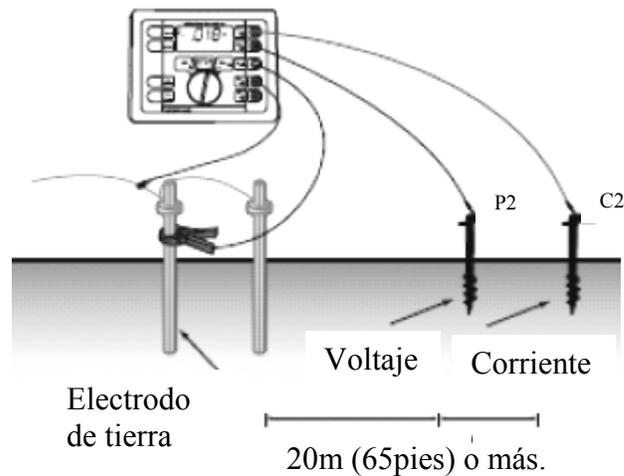
Para comprobar la exactitud de los resultados y asegurar que las estacas de conexión a tierra física estén fuera de las esferas de influencia, modifique la posición de la estaca interna 0.91 metro (3 pies) en cualquier dirección y realice una nueva medición.

Si hay un cambio significativo en la lectura (30 %), necesitará aumentar la distancia entre la varilla de conexión a tierra física bajo comprobación, la estaca interna y la estaca externa (conexión auxiliar a tierra física) hasta que los valores medidos permanezcan bastante constantes al modificar la posición de la estaca interna.

#### **6.4.4 Método selectivo**

El método selectivo es una variante del método de caída del potencial y puede encontrarse en medidores de resistencia de tierra de gama alta. Los medidores que incluyen esta función pueden medir la resistencia de tierra en cualquiera sistema sin desconectarlo de la instalación. Esto significa que no es necesario esperar a poder interrumpir el suministro de energía para realizar la prueba, ni someterse a los riesgos para la seguridad que supone desconectar el electrodo de un sistema bajo tensión. El método de conexión se muestra en la figura 91.

Figura 91. Método Selectivo.



La guía 2006. Medidores de Aislamiento. Página 21

Tanto el método de caída de potencial como el método selectivo utilizan estacas para inyectar corriente y medir la caída de la tensión. Aplican las mismas reglas para la colocación de estas estacas que en el método de la caída de potencial. La comprobación selectiva utiliza un transformador de corriente (pinza amperimétrica) de gran sensibilidad y precisión para medir la corriente de prueba en el electrodo que se desea comprobar, sin necesidad de desconectarlo de la instalación.

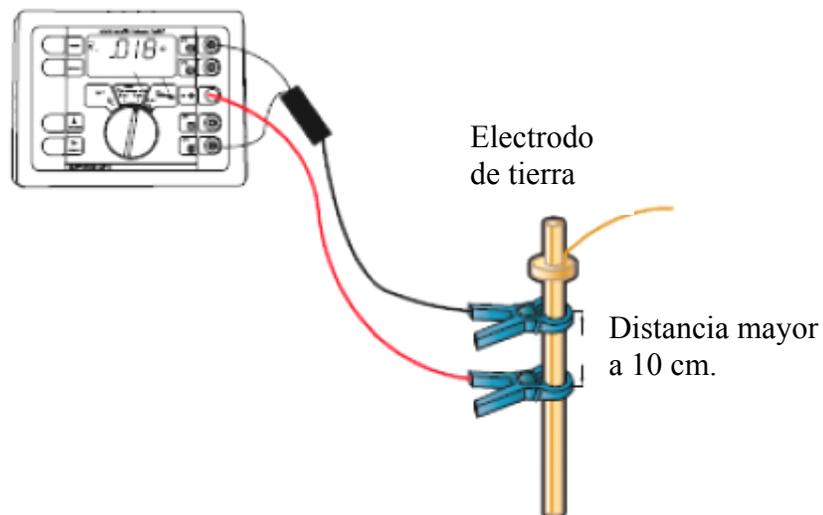
El medidor selectivo emplea un filtro digital en la medida de corriente para reducir los efectos de las posibles corrientes fantasmas.

#### 6.4.5 Medición sin estacas o picas

Esta técnica de comprobación elimina la actividad peligrosa y engorrosa de desconectar conexiones paralelas a tierra física, así como el proceso de encontrar ubicaciones idóneas para estacas auxiliares de conexión a tierra física.

También puede realizar pruebas de conexión a tierra física en lugares como en el interior de edificios, en torres de alimentación eléctrica o en cualquier lugar en donde no tenga acceso al terreno mismo. Con este método de prueba, se colocan dos pinzas alrededor de la varilla de conexión a tierra física o del cable de conexión, conectando cada una de ellas al comprobador. La conexión de este método se muestra en la figura 92.

Figura 92. Método sin estacas o picas.



La guía 2006. Medidores de Aislamiento. Página 22

No se utiliza ninguna estaca de conexión a tierra física. Se induce una tensión conocida en una pinza y se mide la corriente utilizando la segunda pinza. El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de tierra física en esta varilla de conexión a tierra física. Si sólo hay una ruta a la tierra, como en muchas situaciones residenciales, el método sin estacas no proporcionará un valor aceptable, y deberá usarse el método de prueba por caída de potencial.

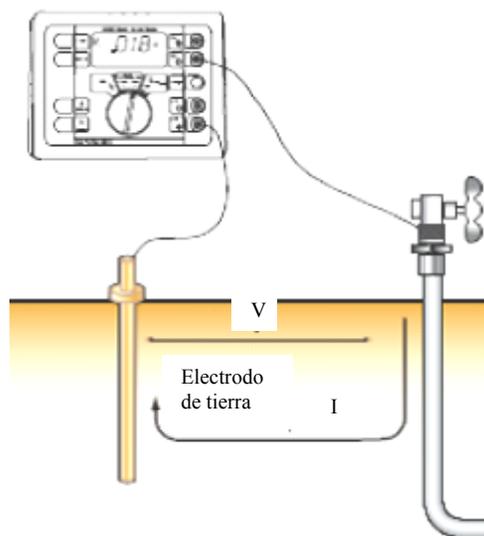
El método funciona en base al principio de que en los sistemas conectados en paralelo o con varias conexiones de tierra física, la resistencia neta de todas las rutas de conexión a tierra física será extremadamente baja, en comparación con cualquier ruta individual aquella bajo comprobación.

Por lo tanto, la resistencia neta de todas las resistencias paralelas de la ruta de retorno es efectivamente cero. La medición sin estacas sólo mide las resistencias individuales de las varillas de conexión a tierra física en paralelo con los sistemas de conexión a tierra física. Si el sistema de conexión a tierra física no es paralelo a la tierra, entonces tendrá un circuito abierto, o bien, estará midiendo la resistencia del bucle de conexión a tierra física.

#### 6.4.6 Método bipolar

El método bipolar utiliza un “electrodo auxiliar” cuya resistencia de toma de tierra se haya determinado con anterioridad y se establezca como buena (de bajo valor resistivo). Un ejemplo de electrodo auxiliar puede ser una tubería de agua en los alrededores de la instalación, pero lo suficientemente alejada de la misma. El medidor en este método simplemente mide la resistencia del circuito eléctrico formado por la toma de tierra del electrodo que se está comprobando, el electrodo auxiliar y los cables de medida. La conexión de este medido se muestra en la figura 93.

Figura 93. Método bipolar.



Si la resistencia de tierra del electrodo auxiliar es muy baja -lo que es probablemente cierto en tuberías de metal sin segmentos de plástico ni juntas aislantes-, y el efecto de los cables de medida es también pequeño, el valor de resistencia del circuito eléctrico corresponderá fundamentalmente al de la resistencia de la toma de tierra del electrodo bajo prueba.

La resistencia de los cables de prueba se puede incluso eliminar del resultado final. Para ello basta con medir su resistencia previamente cortocircuitándolos en sus extremos. Aunque el método bipolar resulta cómodo de realizar, se deben extremar las precauciones, porqué.

- Una tubería de agua puede tener componentes de PVC, que aumentarían enormemente la resistencia de la tierra. En este caso, la lectura del método bipolar sería excesivamente elevada.
- Es posible que el electrodo auxiliar no se encuentre fuera del área de influencia del electrodo que se está comprobando. En este caso, la lectura puede ser inferior a la real.

#### **6.4.7 Medición mediante megger tipo gancho**

Con estos instrumento se logra una buena medida y ante todo se evita utilizar electrodos auxiliares, lo cual los hace muy útiles para tareas como mediciones en postes de energía eléctrica, ya que estos instrumentos brindan una excelente herramienta para este tipo de trabajos, debido a la rapidez con la cual se obtiene el valor de la medición de la bajada a tierra. Un modelo clásico de estos instrumentos se muestra en la figura 94. En la tabla xxxv se presentan las ventajas y desventajas de todos los métodos para medición de tierra.

Figura 94. Megger tipo gancho o dona



Megger tipo gancho o dona, Marca amprobe.

Las principales características de estos instrumentos son:

- Medición de la resistencia de tierra sin conductores de prueba o electrodos auxiliares necesarios.
- Puntos y datos de grabación individuales.
- Alarmas sonoras seleccionables por el usuario de alta y baja resistencia.
- Apagado automático (se puede desactivar).
- Indicador de batería baja.
- Gran pantalla LCD.

El cable de cobre que se utiliza para la bajada a tierra se mide mediante el gancho tipo dona del instrumento y se obtiene medidas excelentes para las bajadas a tierra.

Tabla XXXXV. Métodos de medición de bajada a tierra.

<b>RESUMEN DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE BAJADA A TIERRA</b>		
<b>MÉTODO</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Caída de potencial	Ampliamente aceptado	Es necesario desconectar la tierra.
	La medición es correcta cuando puede realizarse la curva característica.	Puede ser difícil clavar las estacas
		Puede que no exista espacio alrededor del electrodo de puesta a tierra, para clavar las estacas.
Método selectivo	No es necesario desconectar el electrodo.	Puede ser difícil clavar las estacas
	Ampliamente aceptado	Puede que no exista espacio alrededor del electrodo de puesta a tierra, para clavar las estacas.
	La medición es correcta cuando puede realizarse la curva característica.	
Método sin estacas	Comodidad	Asume una ruta paralela de baja impedancia.
		Posibilidad de obtener lecturas muy bajas al medir por error un lazo cableado.
Método bipolar	Comodidad	Imposible juzgar la integridad del electrodo auxiliar.
		No se puede estar seguro de encontrarse fuera del área de influencia.
Megger tipo dona	Comodidad	Lugares donde no se puede utilizar. Debido al poco acceso. Que hay para el cable de bajada a tierra.

Fuente: La guía metas. (2006). Medidores de Aislamiento. Página 28.

En líneas de media tensión de distribución eléctricas, estos dispositivos se utilizan de una manera segura y sencilla en las siguientes mediciones.

- Medición de bajada a tierra en transformadores de distribución, de media tensión.
- Medición de bajada a tierra en Pararrayos, para líneas de media tensión de distribución.
- Medición de bajada a tierra en hilos de guarda, para líneas de media tensión de distribución.

#### **6.4.8 Seguridad en la medición de tierras**

Para proteger el instrumento contra posibles sobrevoltajes durante el período de prueba, los instrumentos modernos incluyen un fusible de 100 mA en el circuito de los cables de prueba (terminales C2 y P2). Si el instrumento no se proporciona con estos fusibles, se recomienda conectarlos externamente.

Mientras se desarrolla la prueba, podría ocurrir una falla a tierra que involucre al equipo conectado al electrodo principal y tanto el potencial del electrodo como el potencial del terreno en el entorno del electrodo se elevarán. En el caso de electrodos pequeños, este hecho puede que no introduzca una dificultad importante. Sin embargo, en sistemas con grandes electrodos o aquellos asociados con redes de potencia, la elevación de voltaje puede ser importante.

Dependiendo del estado de la prueba en ese momento, una o más de las personas que están participando puede quedar sometida a una diferencia de potencial posiblemente peligrosa, por ejemplo entre manos. Para asegurar que esto no suceda, se requiere un procedimiento de seguridad rigurosamente organizado, que incluya los siguientes elementos:

- Una persona a cargo del trabajo.
- Comunicación entre todos quienes participan en la prueba, vía radio o teléfono portátil.
- Uso de guantes de goma y calzado adecuado.
- Uso de doble interruptor con aislación de voltaje apropiada a través del cual se conectan los cables al instrumento.
- Suspensión de la prueba durante una tormenta eléctrica u otras condiciones severas de tiempo.

### **6.5 Proyecciones y mejoras de bajadas a tierra en transformadores de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo**

Como se ha visto en el curso del presente trabajo, la puesta a tierra de los equipos influye significativamente con el propósito de proveer una alimentación eléctrica de calidad, lo cual para el caso de circuitos que destinados a alimentar cargas particularmente sensibles, contribuye substancialmente a reducir los tiempos de paradas no planificadas

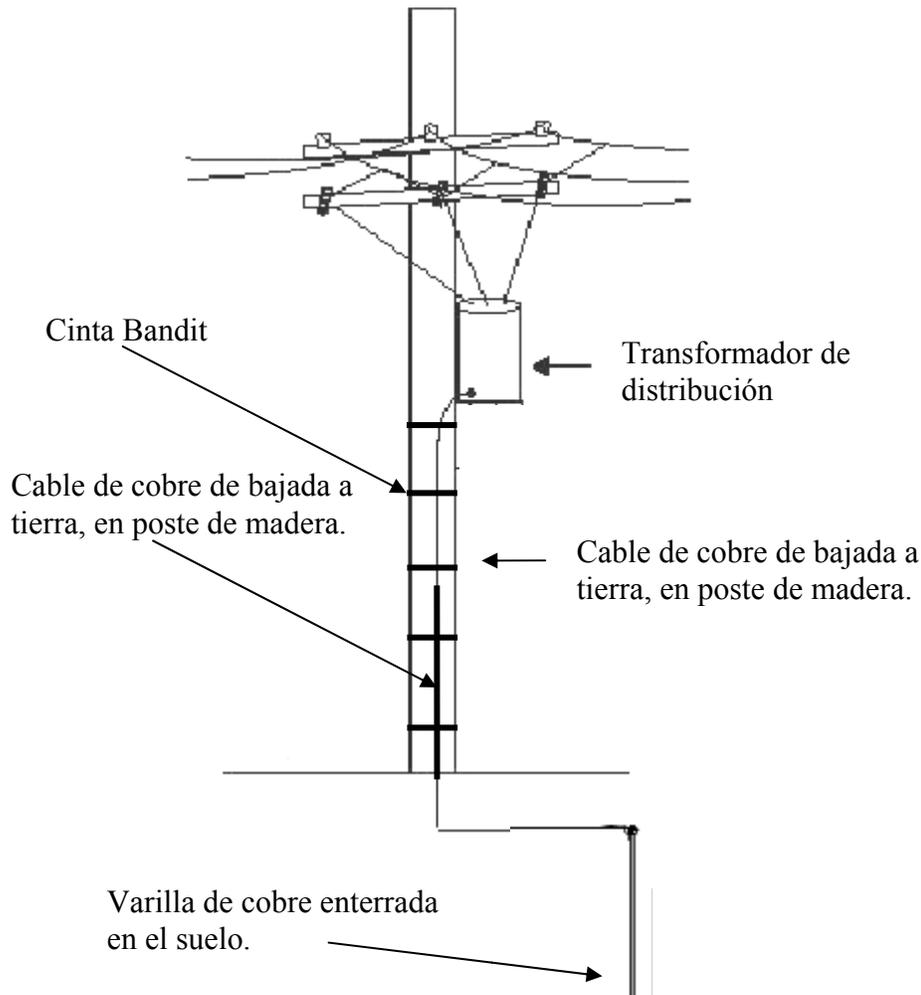
Es bien sabido que las normas sobre instalaciones eléctricas, establecen como obligatoria la conexión a tierra de los equipos, justificándola en términos de la seguridad para los operadores, en adelante orientaremos este trabajo a mostrar una serie de beneficios adicionales derivados de la puesta a tierra adecuada según resulte para el tipo de cargas a servir.

Por todo lo anterior, a continuación se presentan los materiales y requerimientos que se necesitan para una instalación de tierra en transformadores de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo.

### 6.5.1 Proyección de bajada a tierra en transformadores de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo

Cuando se conecte el transformador de distribución a una red de media tensión, se llevarán directamente los conductores de la red hasta las bornes de alta media tensión del trafo. Por lo tanto, la conexión se hará, desde la línea de media tensión. Hasta el borne del transformador pasando por el borne de la auto válvula sin cortar ni empalmar el cable, siempre que no existan seccionadores fusibles de expulsión.

Figura 95. Transformador de distribución con bajada a tierra.



Bajada a tierra en líneas de media tensión. Unión Fenosa.

Asimismo se intentará reducir la longitud de dicha conexión al mínimo posible. Siempre que se instale un transformador de distribución, se le debe de instalar una tierra física como se muestra en la figura 95.

En la siguiente tabla XXXXVI se incluyen los materiales necesarios para la proyección de una bajada a tierra de un transformador de distribución de 13.8kv o de 34.5kv. En un poste de madera.

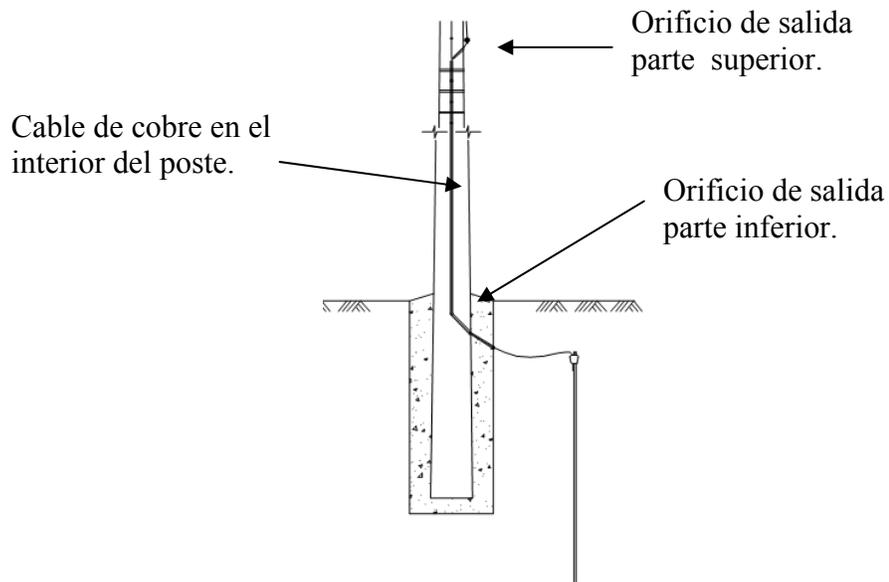
Tabla XXXXVI. Material mejora de bajada a tierra. Poste de madera.

<b>MATERIAL PARA PROYECCIÓN DE BAJADA DE TIERRA COMPLETA EN POSTE DE MADERA.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	12
Hebillas.	5
Metros de cinta bandit.	15
Protector de madera.	1
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica de cable a varilla.	1
Sacos de Bentonita.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

Los sacos de bentonita queda a criterio de cada empresa de cuantos sacos colocara por varilla enterrada, y a que en ocasiones se solicita colocar dos o medio saco por varilla enterrada. En las tabla XXXXVII se muestra el material para una bajada a tierra en un poste de concreto, recordemos que en un poste de concreto el cable cobre, esta dentro del poste de concreto y solo tiene un orificio de salida en la parte inferior del poste, como se muestra en la figura 96.

Figura 96. Bajada a tierra en poste de concreto.



Bajada a tierra en líneas de media tensión. Unión Fenosa.

Tabla XXXVII. Material proyección de bajada a tierra. Poste de concreto.

<b>MATERIAL PARA PROYECCIÓN DE BAJADA DE TIERRA COMPLETA EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	12
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica.	1
Sacos de Bentonita.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

### **6.5.2 Procedimiento para la instalación de una bajada a tierra en transformadores de distribución en vivo, para postes de madera**

El procedimiento ha seguir para instalar la bajada a tierra de los transformadores de distribución en vivo, en este caso se utilizara la técnica de contacto, que se resume en los siguientes pasos.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va ha utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizara.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollara y la técnica que se utilizara.
- Colocar cobertores en las líneas de media y baja tensión que representen peligro para los linieros.
- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre.
- Soldar la varilla de cobre con el cable de cobre que llegara hasta el transformador, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.
- Proceder a tapar el agujero con la varilla de cobre, la bentonita y la soldadura instalada.
- Instalar protector de madera con su respectiva cinta bandit y las hebillas, asegurando de esta manera el cable cobre de la bajada a tierra.

- Siempre como ultimo paso se procederá a conectar el cable de cobre con la terminal de tierra del transformador de distribución.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de proyección de tierra a un transformador.

### **6.5.3 Procedimiento para la instalación de una bajada a tierra en transformadores de distribución en vivo. Para postes de concreto**

El procedimiento ha seguir utilizando la técnica de contacto es el siguiente.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va ha utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizara.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollara y la técnica que se utilizara.
- Colocar cobertores en las líneas de media y baja tensión que representen peligro para los linieros.
- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre y bentonita.
- Soldar la varilla de cobre con el cable de cobre que llegara hasta el transformador, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.

- Proceder a tapar el agujero con la varilla de cobre, la bentonita y la soldadura instalada.
- Siempre como ultimo paso se procederá a conectar el cable de cobre con la terminal de tierra del transformador de distribución.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de proyección de tierra a un transformador.

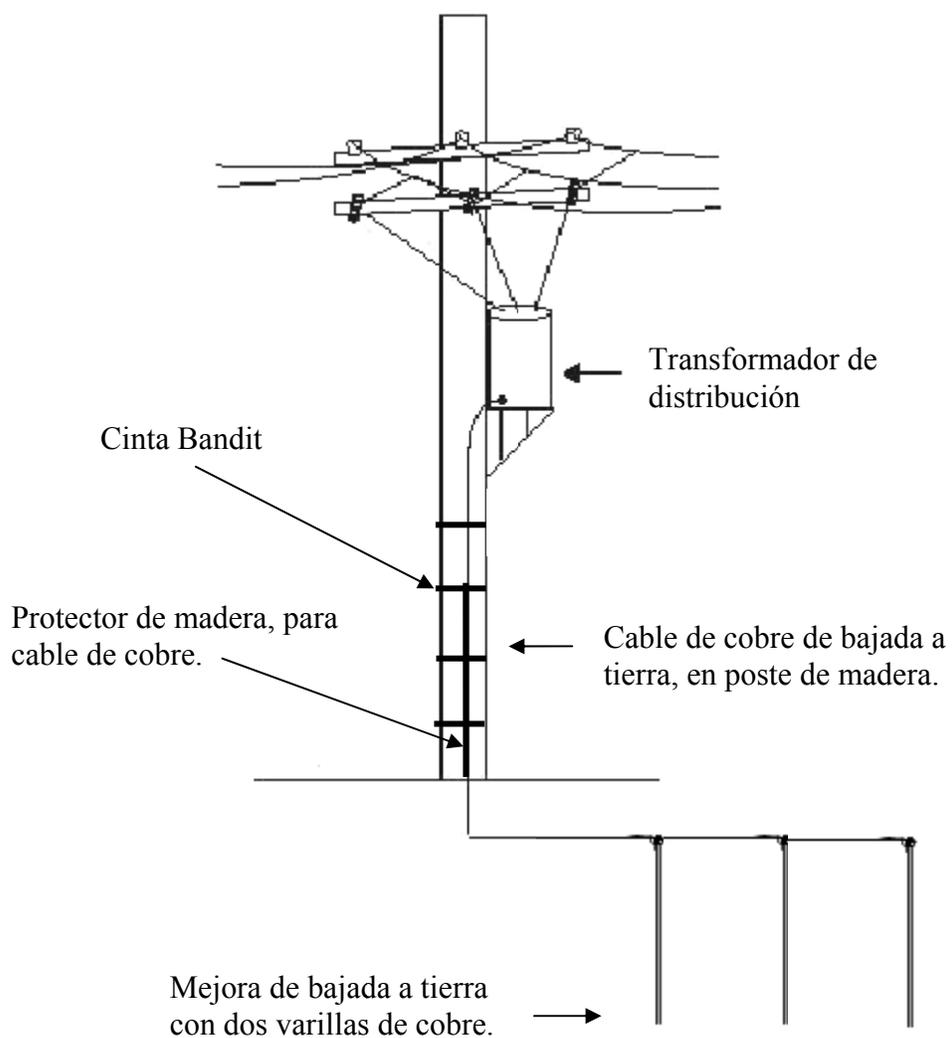
#### **6.5.4 Mejora de bajada a tierra en transformadores de distribución en vivo**

Las bajadas de tierra de los transformadores de media tensión, necesitan tener un nivel bajo de resistencia en Guatemala los valores tolerados por las diferentes empresas de distribución varia entre los 5 y 30 ohms. Cuando al efectuarse una inspección de línea se obtienes datos de medidas de bajadas a tierra con valores mayores a 30 ohms, el inspector indicara claramente en su reporte que dicha bajada a tierra deberá ser mejorada.

El trabajo de mejoras de bajadas de tierra, consiste en la instalación de nuevas varillas de cobre, que se instalaran adicionales a la o las varillas que la bajada de tierra del transformador ya tenga, el numero de varillas que empresas como Unión Fenosa permite instalar en cada mejora de tierra es un máximo de 3 varillas por estructura.

El procedimiento de mejora de tierra se ilustra en la figura 97, donde se puede apreciar que se han añadido dos varillas de cobre, a la bajada de tierra del transformador de distribución. Como se observa ahora el transformador tiene tres varillas de cobre, lo cual disminuye la resistencia total de la bajada a tierra de este transformador.

Figura 97. Mejora de tierra en transformador de distribución. En poste de madera.



Bajada a tierra en líneas de media tensión. Unión Fenosa.

En la tabla XXXXVIII, se da un listado del material necesario cada varilla extra que se instale en una mejora de tierra en poste de madera o para poste de concreto.

Tabla XXXXVIII. Material mejora de bajada a tierra.

<b>MATERIAL PARA MEJORA DE BAJADA DE TIERRA PARA UNA VARILLAS DE COBRE AÑADIDA.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	1
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica, de cable a varilla.	1
Sacos de Bentonita.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

#### **6.5.5 Procedimiento para la mejora de una bajada a tierra en transformadores de distribución en vivo**

El procedimiento ha seguir para instalar una varilla de cobre, a la bajada a tierra de los transformadores de distribución en vivo, en este caso se utilizara la técnica de contacto, que se resume en los siguientes pasos.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va ha utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizara.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollara y la técnica que se utilizara.
- Colocar cobertores si fuera necesario.

- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre.
- Soldar la varilla de cobre añadida con el cable de cobre que llegara hasta la varilla de cobre existente, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.
- Soldar la varilla de cobre existente, con el cable de cobre de la varilla añadida. Verificando el buen estado de la soldadura.
- Proceder a medir el nuevo valor de la bajada a tierra del transformador.
- Si el valor esta dentro del rango es establecido, el trabajo se da por terminado de lo contrario, se instalara otra varilla de cobre, con los pasos anteriores.
- Proceder a tapar el agujero con las varillas de cobre, la bentonita y la soldadura instaladas.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de mejora de tierra a un transformador.

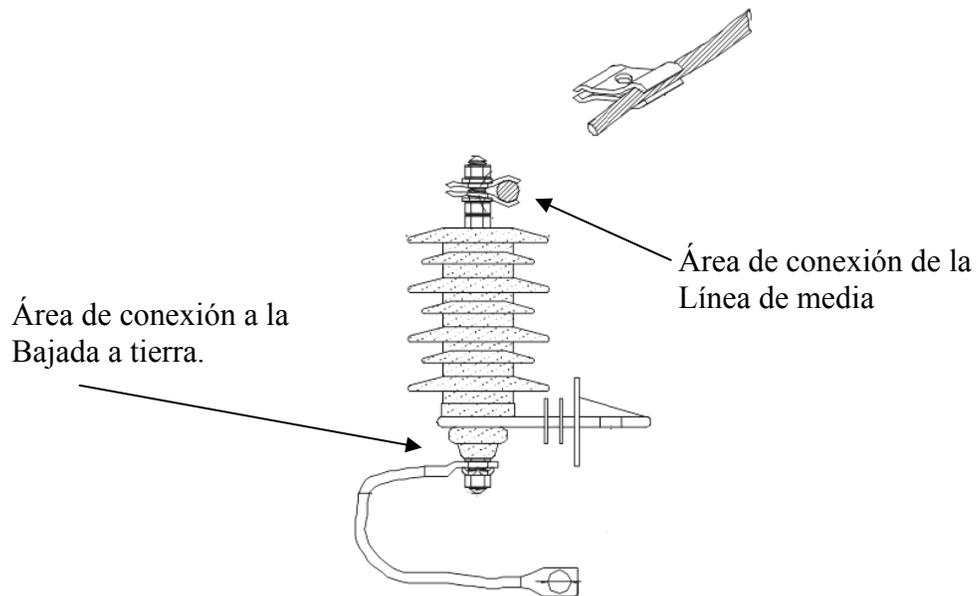
## **6.6 Proyección y mejoras de bajadas a tierra en pararrayos en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo**

La necesidad de una protección integral contra rayos y sobretensiones se fundamenta, en primer lugar, en aportar seguridad a las personas y, en segundo lugar, en proteger instalaciones y equipos por su valor económico.

Por la importancia de la función que desempeñan o por las dificultades y el coste que supone la eventual sustitución o reparación de los mismos, en la figura 98, se muestra un pararrayos para líneas de media tensión de distribución de 13.8kv y 34.5kv.

Los sistemas de distribución de energía eléctrica están sometidos a sobretensiones y es el pararrayos quien las protege. En algunos casos llega a cortocircuitarse a tierra. Si el pararrayos siguiese conectado a la fase y a tierra no sería posible reconectar la línea. Es ahora cuando el desconectador funciona para evitarlo, realizando dos funciones: permitir reconectar la línea e indicar que el pararrayos debe ser sustituido.

Figura 98. Pararrayos para líneas de media tensión.

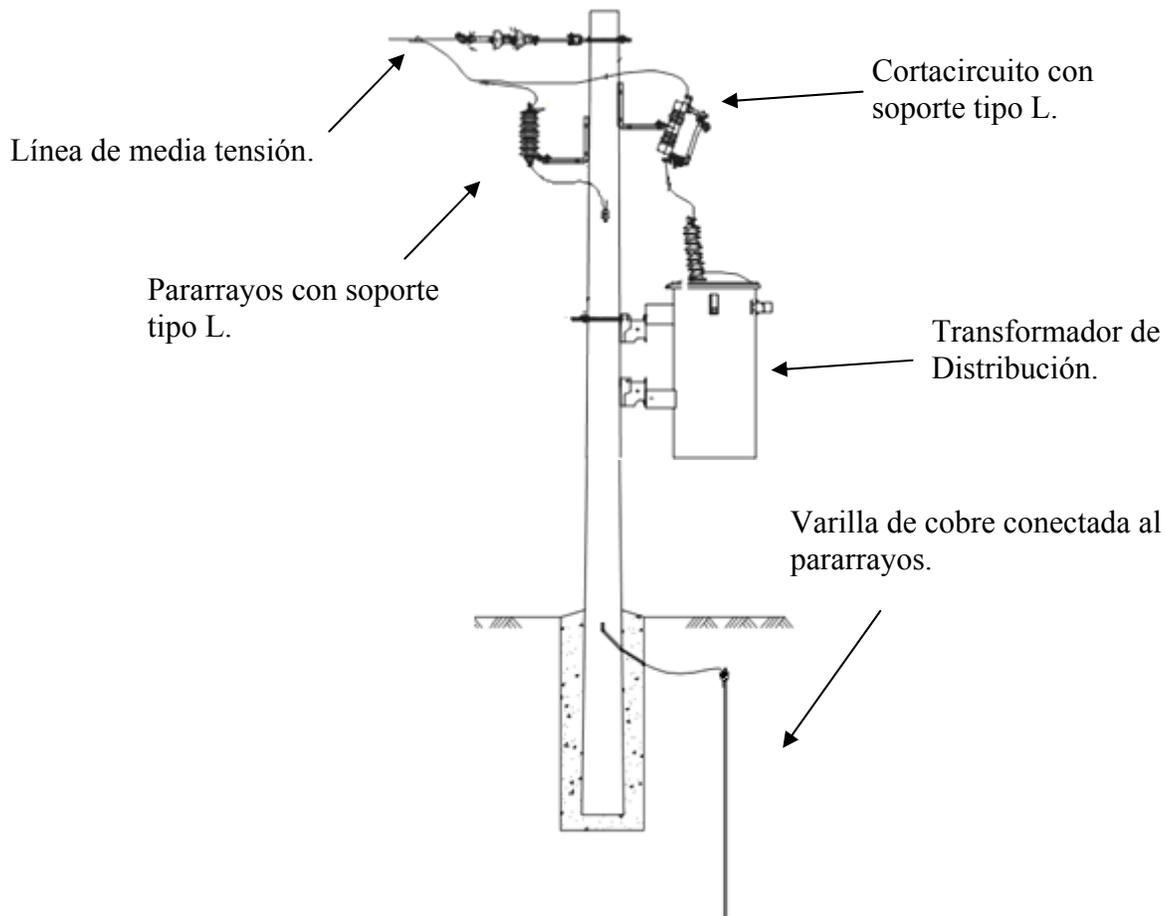


Pararrayos para líneas de media tensión, Hubbell.

### 6.6.1 Proyección de pararrayos a líneas de distribución de media tensión

En la figura 99, se observa un pararrayos instalado en un poste de concreto, como sucede en las bajadas a tierra de los transformadores de distribución, los pararrayos se pueden instalar en postes de madera y en postes de concreto, debiéndose de tomar en cuenta que en postes de concreto generalmente la en cobre se introduce dentro del poste de concreto.

Figura 99. Pararrayos instalado en poste de concreto, con bajada de tierra interna.



Bajada a tierra en líneas de media tensión. Unión Fenosa.

En la figura 99 anterior se observa que el pararrayos, esta conectado en paralelo con la línea de media tensión, esta es la manera correcta de instalar un pararrayos, el pararrayos en este caso en particular, cumple la función de protección a el transformador de distribución, instalado en el poste de concreto.

A continuación se presenta el material que se utiliza para la proyección de pararrayos con bajada a tierra en postes de concreto tabla XXXXIX, y en poste de madera en la tabla L.

Tabla XXXXIX. Material para proyección de bajada a tierra. Poste de concreto.

<b>MATERIAL PARA PROYECCIÓN DE PARARRAYOS CON BAJADA DE TIERRA COMPLETA, EN POSTE DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	12
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica, de cable a varilla.	1
Sacos de Bentonita.	1
Pararrayos para línea de 13,8kv o 34,5kv.	1
Soporte tipo L.	1
Conector para línea viva fargo.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

En la tabla anterior se indica todo el material que se necesita para la proyección, de un pararrayos en poste de concreto, como se ha mencionado la ventaja de tener bajadas a tierra internas tiene entre otras ventajas, impedir el robo del cable de cobre, lo cual ocurre muy comúnmente en postes de madera.

A continuación se presenta el material para la proyección de un pararrayos, en postes de madera.

Tabla L. Material para proyección de bajada a tierra. Poste de madera.

<b>MATERIAL PARA PROYECCIÓN DE PARARRAYOS CON BAJADA DE TIERRA COMPLETA, EN POSTES DE MADERA.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	12
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica, de cable a varilla.	1
Sacos de Bentonita.	1
Pararrayos para línea de 13,8kv o 34,5kv.	1
Soporte tipo L.	1
Conector para línea viva fargo.	1
Protector de madera.	1
Hebillas.	5
Pies de cinta bandit.	15

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

#### **6.6.2 Procedimientos para instalación de pararrayos en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo, para poste de concreto**

El pararrayos siempre se conecta en paralelo a las líneas de media tensión, cuando se procede a la instalación de un pararrayos en vivo, en este caso se describirá la instalación del pararrayos utilizando la técnica de contacto. La técnica que se utilice dependerá de las condiciones que existan en el punto de trabajo, siempre que se siga a detalle los procedimientos de cada técnica, este trabajo no debe presentar dificultades considerables para el personal que realice la instalación.

Los pasos que se recomiendan son los siguientes.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va a utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizara.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollara y la técnica que se utilizara.
- Colocar cobertores en las líneas de media y baja tensión que representen peligro para los linieros.
- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre.
- Soldar la varilla de cobre con el cable de cobre que llegara hasta el pararrayos, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.
- Proceder a tapar el agujero con la varilla de cobre, la bentonita y la soldadura instalada.
- Instalar el cable de cobre dentro del poste de concreto desde la entrada inferior a la salida superior del poste.
- Instalar soporte tipo L para el pararrayos y proceder a la instalación del pararrayos.
- Siempre como ultimo paso se procederá a conectar el pararrayos en paralelo, con la línea de media tensión.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.

- Dar por terminado el trabajo de proyección de pararrayos con bajada a tierra.

### **6.6.3 Procedimientos para instalación de pararrayos en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo, para postes de madera**

Cuando el poste es de madera, el cable de cobre de la bajada de tierra, queda expuesto, totalmente lo cual obliga a utilizar materiales como protector de madera, hebillas y cinta bandit, en la siguiente descripción se utilizara la técnica de contacto.

Los procedimientos recomendados son.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va a utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizara.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollara y la técnica que se utilizara.
- Colocar cobertores en las líneas de media y baja tensión que representen peligro para los linieros.
- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre.

- Soldar la varilla de cobre con el cable de cobre que llegara hasta el pararrayos, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.
- Proceder a tapar el agujero con la varilla de cobre, la bentonita y la soldadura instalada.
- Instalar el cable de cobre sobre el poste de madera desde la parte inferior a la parte superior del poste.
- Asegurar el cable de cobre mediante el protector de madera, la cinta bandit y las hebillas.
- Instalar soporte tipo L para el pararrayos y proceder a la instalación del pararrayos.
- Siempre como ultimo paso se procederá a conectar el pararrayos en paralelo, con la línea de media tensión.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de proyección de pararrayos con bajada a tierra.

#### **6.6.4 Procedimientos para mejora de bajada a tierra en pararrayos en líneas de media tensión, de 13.8kv y 34.5kv, para postes de madera y concreto, en vivo**

Como en el caso de los transformadores de distribución, las bajadas a tierra en los pararrayos deben de conectar, con un valor pequeño en su resistencia, El trabajo de mejoras de bajadas de tierra, consiste en la instalación de nuevas varillas de cobre, que se instalaran adicionales a la o las varillas que la bajada de tierra del pararrayos que ya tenga, el numero de varillas que empresas como Unión Fenosa permite instalar en cada mejora de tierra es un máximo de 3 varillas por estructura.

El procedimiento de mejora de tierra se ilustra en la figura 76, donde se puede apreciar que se han añadido tres varillas de cobre, a la bajada de tierra del pararrayos. Como se observa ahora el pararrayos tiene cuatro varillas de cobre, lo cual disminuye la resistencia total de la bajada a tierra de este pararrayos.

En la tabla LI, se da un listado del material necesario cada varilla extra que se instale en una mejora de tierra en poste de madera y de concreto.

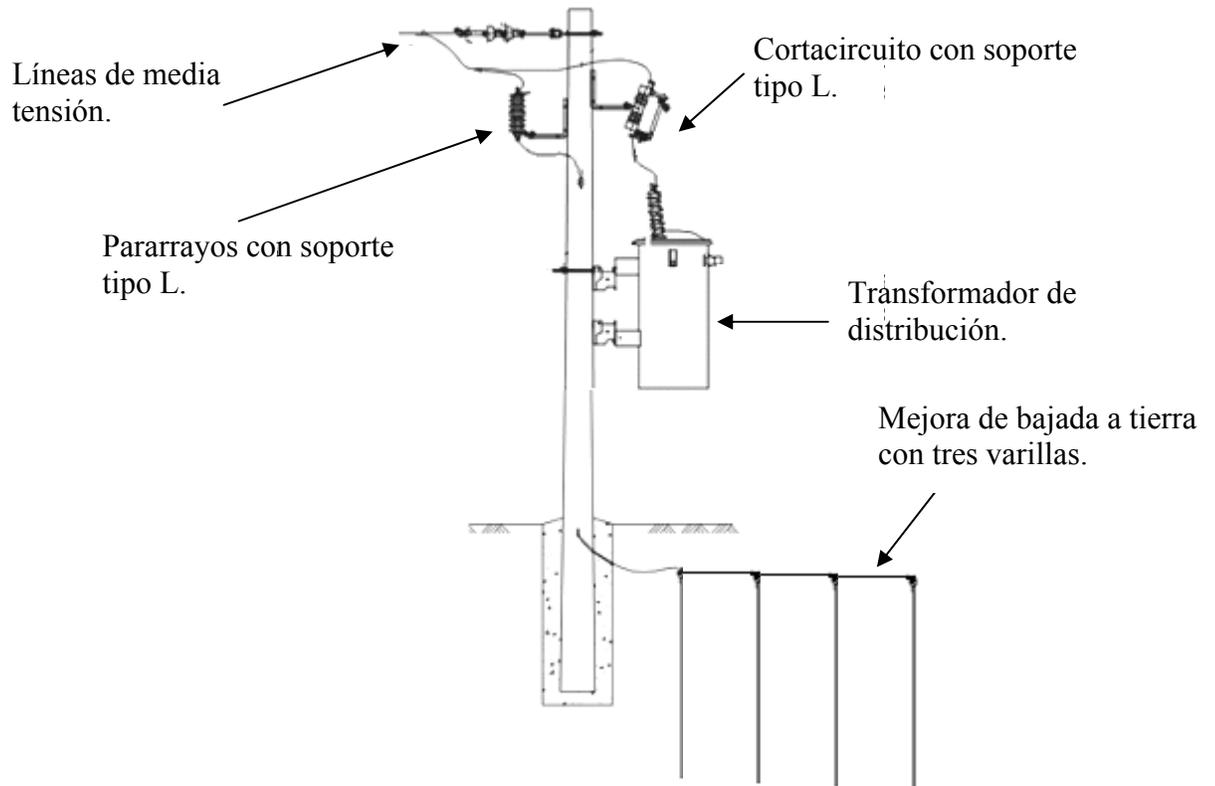
Tabla LI. Material mejora de bajada a tierra.

<b>MATERIAL PARA MEJORA DE BAJADA DE TIERRA PARA UNA VARILLAS DE COBRE AÑADIDA.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	1
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica, de cable a varilla.	1
Sacos de Bentonita.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

En la figura 100, se muestra la bajada de un pararrayos con la bajada a tierra mejorada, en este caso se han incluido tres varillas adicionales, a las con las cuales contaba originalmente el pararrayos, como se ha mencionado este procedimiento permite, disminuir la bajada a tierra para el pararrayos.

Figura 100. Mejora de bajada de tierra para pararrayos con tres varillas de cobre, en poste de concreto.



Bajada a tierra en líneas de media tensión. Unión Fenosa.

El procedimiento ha seguir para instalar una varilla de cobre, a la bajada a tierra de los pararrayos en las líneas de distribución de media tensión en vivo, en este caso se utilizara la técnica de contacto, que se resume en los siguientes pasos.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.

- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va a utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizará.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollará y la técnica que se utilizará.
- Colocar cobertores si fuera necesario.
- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre.
- Soldar la varilla de cobre añadida con el cable de cobre que llegara hasta la varilla de cobre existente, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.
- Soldar la varilla de cobre existente, con el cable de cobre de la varilla añadida. Verificando el buen estado de la soldadura.
- Proceder a medir el nuevo valor de la bajada a tierra del pararrayos.
- Si el valor esta dentro del rango establecido, el trabajo se da por terminado de lo contrario, se instalara otra varilla de cobre, con los pasos anteriores.
- Proceder a tapar el agujero con las varillas de cobre, la bentonita y la soldadura instaladas.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de mejora de tierra a un pararrayos.

## 6.7 Proyección y mejoras de bajadas a tierra en hilos de guarda en líneas de distribución de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo

El hilo de guarda es además de los pararrayos una de las medidas de seguridad, que se tiene en las líneas de media tensión, contra descargas atmosféricas. Se conectarán a tierra el conductor guarda con todos los herrajes y los posibles equipos que se instalen tanto en los postes de concreto como en los madera.

Cuando, se utilicen postes de madera, se podrá prescindir de la puesta a tierra de los herrajes del poste, si no hay más de cuatro consecutivos entre los de concreto conectados a tierra. En todo caso se garantizará la existencia de un mínimo de tres conexiones del neutro a tierra cada kilómetro de línea sin tener en cuenta las conexiones a tierra de los usuarios.

Tabla LII. Material para proyección de bajada a tierra. Poste de madera.

<b>MATERIAL PARA PROYECCIÓN BAJADA DE TIERRA COMPLETA, PARA HILO DE GUARDA EN POSTES DE MADERA.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	16
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica, de cable a varilla.	1
Sacos de Bentonita.	1
Protector de madera.	1
Hebillas.	5
Pies de cinta bandit.	15
Conector de compresión.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

En la tabla LII se muestran los materiales que se requieren para la proyección de una bajada a tierra completa, en un poste de madera, de una estructura de media tensión de 34.5kv o 13.8kv, se debe de tomar en cuenta la variación en la cantidad de cable de cobre a utilizar debido a que las estructuras de media tensión, pueden tener tamaños diversos, en esta tabla se indica el material para una estructura de media tensión de 16m de altura.

En la tabla LIII, se muestra el material que se utiliza para instalar una bajada a tierra, para hilos de guarda en postes de concreto, recordemos que en los postes de concreto el cable de cobre se introduce dentro del poste.

Tabla LIII. Material para proyección de bajada a tierra. Poste de concreto.

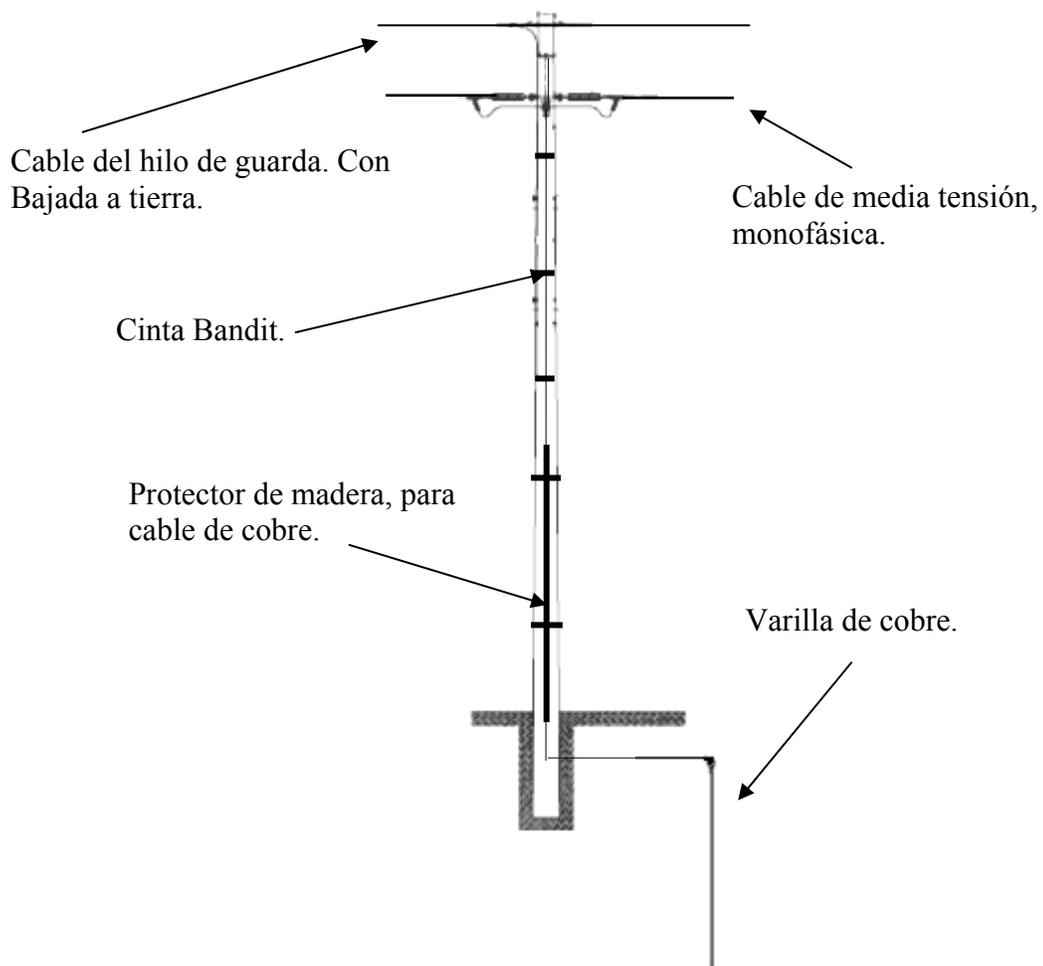
<b>MATERIAL PARA PROYECCIÓN BAJADA DE TIERRA COMPLETA, PARA HILO DE GUARDA EN POSTES DE CONCRETO.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	16
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica, de cable a varilla.	1
Conector de compresión.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

### 6.7.1 Procedimientos para instalación de bajada a tierra para hilos de guarda en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo, para postes de madera

Cuando instalamos una bajada a tierra al hilo de guarda en líneas de media tensión, la instalación queda como se muestra en la figura 101, podemos observar que por ser poste de madera el cobre queda expuesto sobre la estructura.

Figura 101. Proyección de bajada de tierra para hilo de guarda con una varilla de cobre, en poste de madera.



Bajada a tierra en líneas de media tensión. Unión Fenosa.

Los procedimientos a seguir para efectuar esta instalación, utilizando la técnica de contacto serán los siguientes.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va a utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizará.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollará y la técnica que se utilizará.
- Colocar cobertores en las líneas de media y baja tensión que representen peligro para los linieros.
- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre.
- Soldar la varilla de cobre con el cable de cobre que llegará hasta el pararrayos, verificando siempre que la soldadura esté en un excelente estado.
- Proceder a tapar el agujero con la varilla de cobre, la bentonita y la soldadura instalada.
- Instalar el cable de cobre sobre el poste de madera desde la parte inferior a la parte superior del poste.
- Asegurar el cable de cobre mediante el protector de madera, la cinta bandit y las hebillas.

- Siempre como ultimo paso se procederá a conectar el cable de cobre, que procede de la varilla de cobre ya enterrada con hilo de guarda.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de proyección de bajada a tierra al hilo de guarda.

#### **6.7.2 Procedimientos para instalación de bajada a tierra, para hilos de guarda en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv en vivo, para postes de concreto**

El procedimiento para instalar bajadas a tierra en el hilo de guarda en postes de concreto, tiene la diferencia respecto a los postes de madera, tal como sucede para las bajadas a tierra de los transformadores y pararrayos, esta diferencia es la protección que el cable recibe al estar dentro del poste de concreto.

Los pasos para este procedimiento se describen a continuación.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va ha utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizara.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollara y la técnica que se utilizara.
- Colocar cobertores en las líneas de media y baja tensión que representen peligro para los linieros.

- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.
- Instalar la varilla de cobre.
- Soldar la varilla de cobre con el cable de cobre que llegara hasta el pararrayos, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.
- Proceder a tapar el agujero con la varilla de cobre, la bentonita y la soldadura instalada.
- Instalar el cable de cobre dentro del poste de concreto desde la entrada inferior a la salida superior del poste.
- Siempre como ultimo paso se procederá a conectar el cobre de la bajada de tierra, con el cable del hilo de guarda.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de proyección de pararrayos con bajada a tierra.

### **6.7.3 Procedimientos para mejora de bajada a tierra en líneas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv, para hilo de guarda en postes de madera y concreto en vivo**

Los daños causados por sobretensiones debidas a tormentas han demostrado a través de los años que los equipos electrónicos están expuestos a los efectos de campos electromagnéticos y transmisión de perturbaciones a través de las líneas, en un radio de dos a tres kilómetros desde el punto de descarga o impacto de un rayo. Las causas a las que se deben estas extensas áreas de riesgo están en la creciente sensibilidad de los equipos electrónicos y a la mayor expansión y ramificación de las líneas y redes a través de los edificios.

Esta es una de las razones por las cuales las bajadas a tierra de los hilos de guarda, deben de tener valores pequeños en su resistencia, para hacer de estas bajadas una protección adecuada contra descargas atmosféricas, en la siguiente tabla LIV se presenta los materiales que se necesitan para mejorar una bajada a tierra en el hilo de guarda en líneas de media tensión. En la siguiente figura 102 se muestra como queda un poste de madera, cuando se ha mejorado la bajada a tierra con tres varillas de cobre.

Figura 102. Mejora de bajada de tierra para hilo de guarda con una varilla de cobre, en poste de madera.

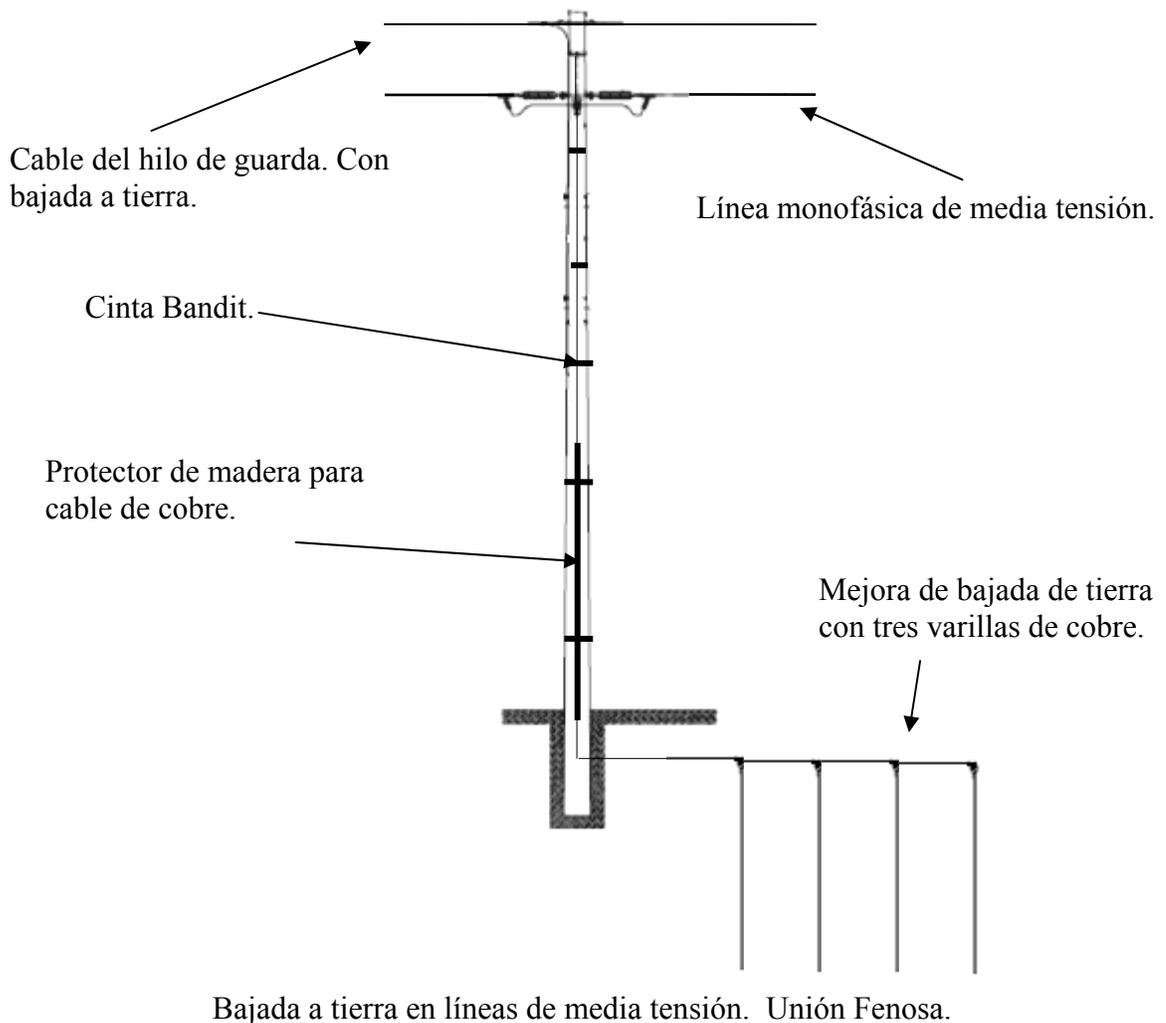


Tabla LIV. Material para mejora de bajada a tierra.

<b>MATERIAL PARA MEJORA DE BAJADA DE TIERRA PARA UNA VARILLAS DE COBRE AÑADIDA.</b>	
<b>Nombre del material.</b>	<b>Cantidad</b>
Metros de cobre No. 2 AWG.	1
Varilla de cobre.	1
Carga de 65 para soldadura exotérmica, de cable a varilla.	1
Sacos de Bentonita.	1

Fuente: Contrata de Centro Occidente 1, de Unión Fenosa Guatemala.

El procedimiento a seguir para mejorar la bajada de tierra en una estructura, de madera o de concreto se resume en los siguientes pasos.

- Probar guantes, mangas y pértigas para trabajos en líneas vivas.
- Acondicionar equipo y herramientas en el vehículo trabajo.
- Traslado a la zona de trabajo.
- Posicionamiento del vehículo tipo grúa si se va a utilizar.
- Verificar si existen las medidas de seguridad para trabajos en líneas vivas.
- Colocar la señalización en el área de trabajo.
- Revisión de equipo para líneas vivas que se utilizará.
- Reunión con todo el personal, para explicar el trabajo que se desarrollará y la técnica que se utilizará.
- Colocar cobertores si fuera necesario.
- Proceder a efectuar el agujero para la instalación de la varilla de cobre y la instalación de bentonita.

- Instalar la varilla de cobre.
- Soldar la varilla de cobre añadida con el cable de cobre que llegara hasta la varilla de cobre existente, verificando siempre que la soldadura este en un excelente estado.
- Soldar la varilla de cobre existente, con el cable de cobre de la varilla añadida. Verificando el buen estado de la soldadura.
- Proceder a medir el nuevo valor de la bajada a tierra del hilo de guarda.
- Si el valor esta dentro del rango es establecido, el trabajo se da por terminado de lo contrario, se instalara otra varilla de cobre, con los pasos anteriores.
- Proceder a tapar el agujero con las varillas de cobre, la bentonita y la soldadura instaladas.
- Retirar todo el equipo que se utilizo del área de trabajo.
- Evaluación del trabajo y verificar continuidad del servicio.
- Dar por terminado el trabajo de mejora de tierra a un hilo de guarda.



## CONCLUSIONES

1. La implementación de trabajos en línea vivas no es una moda, es una necesidad, y una exigencia muy estandarizada en la mayoría de países a nivel mundial. Se debe tener en cuenta que existen muchas formas de trabajos en líneas vivas y que no sólo se limitan a las industrias de generación, transmisión y distribución de corriente eléctrica. Esas otras formas de trabajos en líneas vivas también deben tenerse en cuenta. Para poder producir a bajos costos todas las ramas de la industria y del comercio que se ven necesitadas de exigir un abastecimiento de corriente eléctrica durante 24 horas. Esto trae como consecuencia que se trabaje con más frecuencia en líneas vivas, para lograr la continua explotación de las instalaciones y de los procesos de trabajo.
2. Para garantizar la seguridad del personal que realiza trabajos en líneas vivas deben ser establecidas un conjunto de reglas de seguridad y control. Estas reglas de seguridad y control se refieren entre otras cosas a la selección y a la capacitación del personal implicado en los trabajos en líneas vivas. También se toca el tema de la calidad de equipo y herramienta utilizada. Este documento tiene como fin ayudar a la implementación y conocimiento de estas reglas de seguridad y control, para que en nuestro país las técnicas para trabajos en líneas vivas sea ya una herramienta cotidiana para los diferentes trabajos que se realizan en las líneas de distribución de media tensión.
3. Es evidente que las habilidades manuales y la destreza son de mayor importancia para el operador que está realizando el trabajo con las técnicas para trabajos en líneas vivas, que para los supervisores, ingenieros o dirigentes. Sin embargo estos últimos tienen que saber apreciar el resultado de un buen trabajo para poder valorar correctamente los riesgos y peligros que éste implica.

4. Los beneficios de utilizar las técnicas de trabajos en líneas vivas, en los mantenimientos, conversiones y mejoras, sobre las líneas de distribución de media tensión, sobre los métodos convencionales donde se hace necesario la interrupción del servicio eléctrico, son desde el punto de vista económico muy grandes, ya que las constantes interrupciones del servicio, debido a los trabajos que son necesarios efectuar en un sistema de distribución de media tensión, repercuten negativamente en un sistema económico, donde la energía eléctrica juega un papel vital.
  
5. Sumándose al beneficio económico, que las técnicas de trabajos en líneas vivas representa para redes eléctricas de media tensión, también está el beneficio de la mejora de la calidad del servicio, ya que los clientes de cada empresa que está involucrada en el sector de la comercialización de la electricidad, mejora las opiniones que sus clientes tienen del servicio, que estas empresas les están brindando, ya que en un sistema donde existen interrupciones constantes, nunca es del agrado para todos los clientes asociados a estas empresas, ya que estas interrupciones simplemente representan pérdidas para todos los clientes asociados.
  
6. No es aceptable que las técnicas para trabajos en líneas vivas, sean encomendadas a personas que no tengan ni conocimiento ni entrenamiento previo de la utilización de estas técnicas. Estas personas tienen que entender, tanto el sistema en que están trabajando como poseer experiencia práctica con este tipo de trabajos. Esta exigencia puede ser considerada como un criterio relacionado con el tiempo, o sea, mientras más tiempo una persona está ocupada en una actividad laboral, mejores serán sus habilidades prácticas, unidas al desarrollo adecuado y profundo conocimiento tanto de los sistemas como de los equipos con que se trabaja.

7. Considerando que las regulaciones actuales, tienden a exigir el mínimo de suspensiones en el servicio del fluido eléctrico, es de pensar que las empresas distribuidoras de energía miren con buenos ojos las técnicas de trabajos en líneas vivas, partiendo de la idea que las técnicas para el trabajo en líneas vivas es una forma segura de realizar, todo tipo de trabajo en sistemas de distribución de media tensión y que estas técnicas pueden llegar a constituirse en medios eficaces para cumplir, con las exigencias del mercado en sus objetivos de brindar un servicio en las mejores condiciones técnicas, de calidad y de continuidad.
8. En la actualidad en nuestro país Guatemala, los trabajos que se realizan usando las técnicas de mantenimiento en líneas vivas, son muy escasos por lo cual se puede decir que las técnicas para trabajos en líneas vivas no están siendo utilizadas de manera masiva, en los trabajos en líneas eléctricas de media tensión, por lo cual es necesario impulsar un proceso de socialización de las técnicas que existen para trabajos en líneas vivas, en los niveles administrativo, técnico y social, con el propósito dar a conocer los beneficios de estos trabajos, ya que estos actualmente en nuestro medio no son muy conocidos y entendidos, para con esto lograr quitar los temores y miedos que conlleva el escuchar actualmente, realizar trabajos con líneas vivas, en el campo de las líneas de media tensión de distribución.
9. En los países donde actualmente se utilizan las técnicas para realizar trabajos en líneas vivas de media tensión de distribución, de una manera masiva tiene la experiencia de contar actualmente con sistemas de distribución de energía eléctrica con condiciones técnicas, calidad y continuidad idóneas, para sistemas de distribución de energía eléctrica. Lo cual nos indica que la utilización de las técnicas para trabajos en líneas vivas, es la mejor opción para realizar todas las actividades de mantenimiento, conversiones y mejoras en líneas de media tensión de distribución.

10. El grado de supervisión de cualquier tarea dependerá de la experiencia de la persona que realice el trabajo. Para un trabajador nuevo la supervisión debe ser inmediata o directa, en el caso anterior el supervisor acompaña a la persona durante todo el trabajo, mientras que un trabajador experimentado que realiza un trabajo con el que se encuentra familiarizado, será controlado con menos frecuencia. Este aspecto deberá ser incluido también, en el conjunto de criterios fijados para los trabajos en líneas vivas.
  
11. Los trabajos en líneas vivas, representan siempre un peligro para el personal que realiza estas labores. Debido a esto existen normas para el quipo y herramienta, que se utilizan en estas tareas, también están los procedimientos mediante los cuales los trabajos en líneas vivas deben ser ejecutados, cuando se cumplen con estas normas y procedimientos, los riesgos que existen en los trabajos en líneas vivas se logran reducir, lo cual es la finalidad de todo este conjunto de normas y procedimientos.

## RECOMENDACIONES

1. En nuestro país Guatemala las técnicas para realizar trabajos en líneas vivas, para líneas de distribución de media tensión está siendo utilizada muy escasamente, por lo anterior, se recomienda que estas técnica se comiencen a implementar, ya que la experiencia de los países que ya las están utilizando y en donde los trabajos en líneas vivas, se han convertido en una opción verdadera para realizar todos los trabajos en las líneas de distribución de media tensión, fueron desde cualquier punto de vista positivas, si bien es cierto en un principio la implementación de estas técnicas requieren de inversiones en herramienta, equipo y capacitación de personal, los resultados en continuidad de servicio y mejora de calidad del servicio de las redes de distribución es evidentemente muy superior a los resultados que actualmente se reciben, cuando se interrumpe el servicio por los diferentes trabajos, que se realizan en las líneas de distribución de nuestro país.
2. Todo el equipo, herramientas, normas y procedimientos fueron proporcionados con el propósito de proteger al personal, cuando están en contacto o en la cercanía de líneas eléctricas de media tensión de distribución con tensión, por lo cual su aplicación debe ser apropiada para el uso que se ha previsto, ser sometido al mantenimiento apropiado a su uso y ser correctamente utilizadas. Las precauciones convenientes, incluyendo cuando sea necesario el empleo del equipamiento de protección, han sido adoptadas para evitar los peligros que representan las líneas de media tensión de distribución, cuando las medidas de precaución son pasadas por alto o tomadas irresponsablemente. Se incrementa el nivel de riesgo de las técnicas para los trabajos en líneas vivas.

3. El nivel de conocimientos en la teoría y en la práctica, de todo el personal que trabaja en líneas vivas, debe ser verificado cada dos años. Un curso anual de continuación se les debe de exigir a aquellas personas que realizan raramente trabajos en líneas vivas o con poca frecuencia. El supervisor responsable decide con que frecuencia debe realizarse el chequeo de los conocimientos.
4. Todos los linieros de líneas vivas deben poseer ya una experiencia mínima en trabajo sin tensión y poseer suficientes conocimientos sobre los sistemas de distribución correspondientes. La habilidad de estas personas de ejecutar tareas específicas de mantenimiento, conforme a los requerimientos teóricos antes aprendidos debe ser comprobada. Con lo anterior se consigue desarrollar la capacidad individual, de identificar los riesgos específicos del trabajo en líneas vivas, desde los primeros momentos de realización de estos trabajos.
5. Cuando se realizan trabajos en líneas vivas, el tiempo en que se realizan estos trabajo en líneas vivas, no es un factor que tenga mayor importancia con respecto a la seguridad y calidad con la cual estos trabajos se realizan, esto nos indica que no se debe de pasar por alto, ninguna medida de precaución cuando se realizan trabajo en líneas vivas solo por ganar tiempo, ya que esto abre el paso a la aparición de errores en los trabajos en líneas vivas.
6. En lo que respecta a los trabajos con líneas vivas, trabajos de reparación, mantenimiento y montaje de nuevas instalaciones, son y serán una herramienta muy importante para entregar una excelente calidad de servicio en el suministro de energía eléctrica a los consumidores. Sí una empresa no tiene los recursos económicos para comprar las herramientas adecuadas, dar los cursos apropiados y dar mantenimiento a las herramientas, es preferible no empezar el programa para realizar los trabajos con las líneas vivas. Ya que todos estos factores son fundamentales cuando se realizan trabajos en línea vivas.

7. Es de vital importancia que todo el personal que trabaja en líneas vivas tome cursos de actualización para realizar trabajos en líneas vivas. Estos cursos están destinados a profundizar y actualizar los conocimientos y habilidades sobre los trabajos en líneas vivas. Estos cursos de actualización deben dividirse en dos partes, una parte teórica y una parte práctica, también ya que el trabajo en líneas vivas está en constante progreso, se debe de estar siempre actualizando, sobre la mejora que cada técnica presenta, para implementar estos cambios lo más pronto posible en los trabajos en líneas vivas, ya que esto representa un incremento en el nivel de seguridad, calidad del trabajo realizado y disminución de tiempo de elaboración de los trabajos, sin sacrificar la calidad y seguridad con que estos trabajos se realizan.
8. Es importante que todos los supervisores, ingenieros y dirigentes estén atentos y actúen tomando medidas correctivas cuando noten cambios o alteraciones en la conducta, de cualquiera de las personas implicada en los trabajos en líneas vivas en cualquier nivel de cualquier organización. Para evitar de esta manera la aparición de accidentes fatales, debido a una mala conducta del personal cuando realiza trabajos en líneas vivas.
9. Todos los siguientes requerimientos deben de ser cumplidos, cuando se realizan trabajos en líneas vivas, todo el personal que realiza trabajos en líneas vivas deben de operar en un sistema seguro de trabajo, deben ser competentes y capacitados adecuadamente para realizar trabajos en líneas vivas, también ser informados correctamente sobre los posibles riesgos, entrenados en el uso correcto del equipo y la herramienta que manipularán.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación de Electrotecnia de Argentina (AEA), Reglamento para la ejecución de Trabajos con Tensión en instalaciones eléctricas de más de 1 kV, Argentina (AEA), 2004.
2. Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta tensión. AEA 95301, 2004.
3. Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), Protección Contra las Descargas Eléctricas Atmosféricas. AEA 92305 Partes I y II, 2004.
4. Buenos Aires Argentina, Resolución 592/2004 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo de la Argentina. 2004.
5. Comisión Federal de Electricidad (CFE), Coordinación de aislamiento para líneas eléctricas, CFE, México 1987.
6. Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución NTDOID. Resolución CNEE. No. 47-99, 1999.
7. Donaldo Beeman, Industrial power system hand book, Estados Unidos de América, Editorial McGraw-Hill, 1996.
8. Grupo AMYS, Reglamentaciones de trabajos con tensión de España. 2006.
9. International Electrotechnical Commission (IEC), Criterios de diseño de líneas aéreas de transporte, Norma IEC 60826. 2008.

10. International Electrotechnical Comision (IEC), Ensayo de Aisladores de Apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1000 V, Norma IEC 60168, 2008.
11. International Electrotechnical Comision (IEC), Live Working insulating ropes. Norma IEC 62192, 2008.
12. International Electrotechnical Comision (IEC), Specification for gloves and mitts of insulating material for live working. Norma IEC 903, 2008.
13. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Standard for calculati3n of bare overhead conductor temperature and ampacity Ander steady state conditions. Estados Unidos de América. IEEE, 1986.
14. Lucas Marín Carlos, Líneas e Instalaciones eléctricas, México Distrito Federal. Editorial alfaomega, 1996.
15. Ritz Liat, Manuales de herramientas Chance Hubbell, Estados Unidos, 2009.
16. Ritz Liat, Manual para el mantenimiento de líneas vivas Chance Hubbell, 2006.
17. Ritz Liat, Manuales de fabricantes de monseteria para líneas de distribución de media tensión, Electrocordoba, Colombia 2005.
18. Stevenson William D. Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia. 2da. Edición. México: Editorial McGraw-Hill, 1988.
19. Unión Fenosa Guatemala Oficina técnica de gestión de red, Tala y poda de arbolado para paso de líneas aéreas de media tensión. Guatemala, 2001

20. Unión Fenosa Guatemala Oficina técnica de gestión de red, Líneas eléctricas aéreas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv, versión 1, Guatemala, 2002.
21. Unión Fenosa Guatemala Oficina técnica de gestión de red, Centros de transformación tipo poste versión 1, Guatemala, 2002.
22. Unión Fenosa Guatemala Oficina técnica de gestión de red, Curso de mantenimiento para líneas eléctricas aéreas de media tensión de 13.8kv y 34.5kv, Guatemala, 2004.



## APÉNDICE

Tabla LV. Distancia de seguridad vertical de conductores al nivel del suelo.

<b>NATURALEZA DE LA SUPERFICIE BAJO LOS CONDUCTORES.</b>	<b>CONDUCTORES SUMINISTRADORES EN LÍNEAS ABIERTAS, ARRIBA 750V A 22KV (m).</b>
Vías Férreas	8,1
Carreteras, calles, camino y otras áreas usadas para tránsito.	5,6
Aceras o caminos accesibles sólo para peatones.	4,4
Aguas donde no está permitida la navegación.	5,2
Aguas navegables, que incluyen lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de:	
a) Hasta 8 ha.	6,2
b) Mayor a 8 hasta 80 ha.	8,7
c) Mayor de 80 hasta 800 ha.	10,5
d) Arriba de 800 ha.	12,3

Fuente: Artículo 18.2 de la NTDROID.

Tabla LVI. Distancia vertical entre conductores soportados por diferentes estructuras.

<b>NIVEL INFERIOR</b>	<b>NIVEL SUPERIOR</b>			
	Conductores neutrales que cumplen con 18.1 E1, retenidas aéreas (m).	Cables y conductores mensajeros, retenidas de comunicación (m)	Conductores Suministradores en línea abierta. De 0 – 750 V (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 750-22 KV (m).
Conductores neutrales que cumplen con 18.1 E1, retenidas aéreas (m).	0,6	0,6	0,6	0,6
Cables y conductores mensajeros, retenidas de comunicación.	0	0,6	1,2	1,5
Conductores suministradores en línea abierta. De 0 – 750 V.	0	0	0,6	0,6
Conductores suministradores en línea abierta arriba de 750 - 22 KV.	0	0	0	0,6

Fuente: Artículo 18.3.D de la NTDOID.

Tabla LVII. Distancia horizontal entre conductores soportados por la misma estructura.

<b>CLASE DE CIRCUITO.</b>	<b>DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD (cm).</b>
<b>CONDUCTORES ELÉCTRICOS DEL MISMO CIRCUITO.</b>	
De 0 a 8.7 Kv.	30.
De 8.7 a 50 kV.	30 mas 1.0 cm por cada kV en exceso de 8.7 kV.
Mayor de 50 kV.	No hay valor especificado.
<b>CONDUCTORES ELÉCTRICOS DEL MISMO CIRCUITO.</b>	
De 0 a 8.7 kV.	30.
De 8.7 a 50 kV.	30 mas 1.0 cm por cada kV en exceso de 8.7 kV.
De 50 a 814 kV.	72.5 más 1.0 cm, por cada kV de exceso de 50 kV.

Fuente: Artículo 18.5 E.1.1 de la NTDOID.

Tabla LVIII. Distancia vertical entre conductores del mismo circuito.

CONDUCTORES Y CABLES EN NIVELES INFERIORES.	CONDUCTORES Y CABLES EN NIVELES SUPERIORES.			
	CONDUCTORES DE SUMINISTRO ABIERTOS.			
	CABLES DE SUMINISTRO QUE CUMPLEN CON 18.1C1, 2 ò 3 CONDUCTORES NEUTRALES QUE CUMPLEN CON 18.1E1 (m).	De 0 A 8.7 KV (m).	MAS DE 8.7 A 50 KV (m).	
			MISMA EMPRESA (m).	DIFERENTE EMPRESA (m).
Eléctricos con tensiones entre conductores de:	0	0	0	1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
Hasta 750 V	0,41	0,41	0.41 más 0.01 por kV de Exceso de 8.7 kV.	1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
Más de 750 V Hasta 8.7 kV.	0	0,41	0.41 más 0.01 por kV de Exceso de 8.7 kV.	1.00 más 0.01 por kV de exceso de 8.7 kV.
Mas de 8.7 kV a 22 kV				
Si se trabaja con línea energizada.	0	0	0.41 más 0.01 por kV de Exceso de 8.7 kV.	0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7kV.
Si no se trabaja con línea energizada.				0.41 más 0.01 por kV de exceso de 8.7kV.

Fuente: Artículo 18.5.2 de la NTDOID.